ASTRONOMIA OBSERVACIONAL

PROF. DR. RAFAEL SFAIR

rafael.sfair@unesp.br

www.sfair.org

INTRODUÇÃO

- **O que eu vou falar**
  - Um pouco de história
  - Telescópios modernos
  - Como fazemos as observações

- **O que eu não irei falar**
  - Informação >> Técnico
  - Observações em vários comprimentos de ondas
    - Nada de espectros
  - Objetos fora do nosso Sistema Solar
  - Detalhes das análises
  - Sistemas de automação residencial

Astronomia

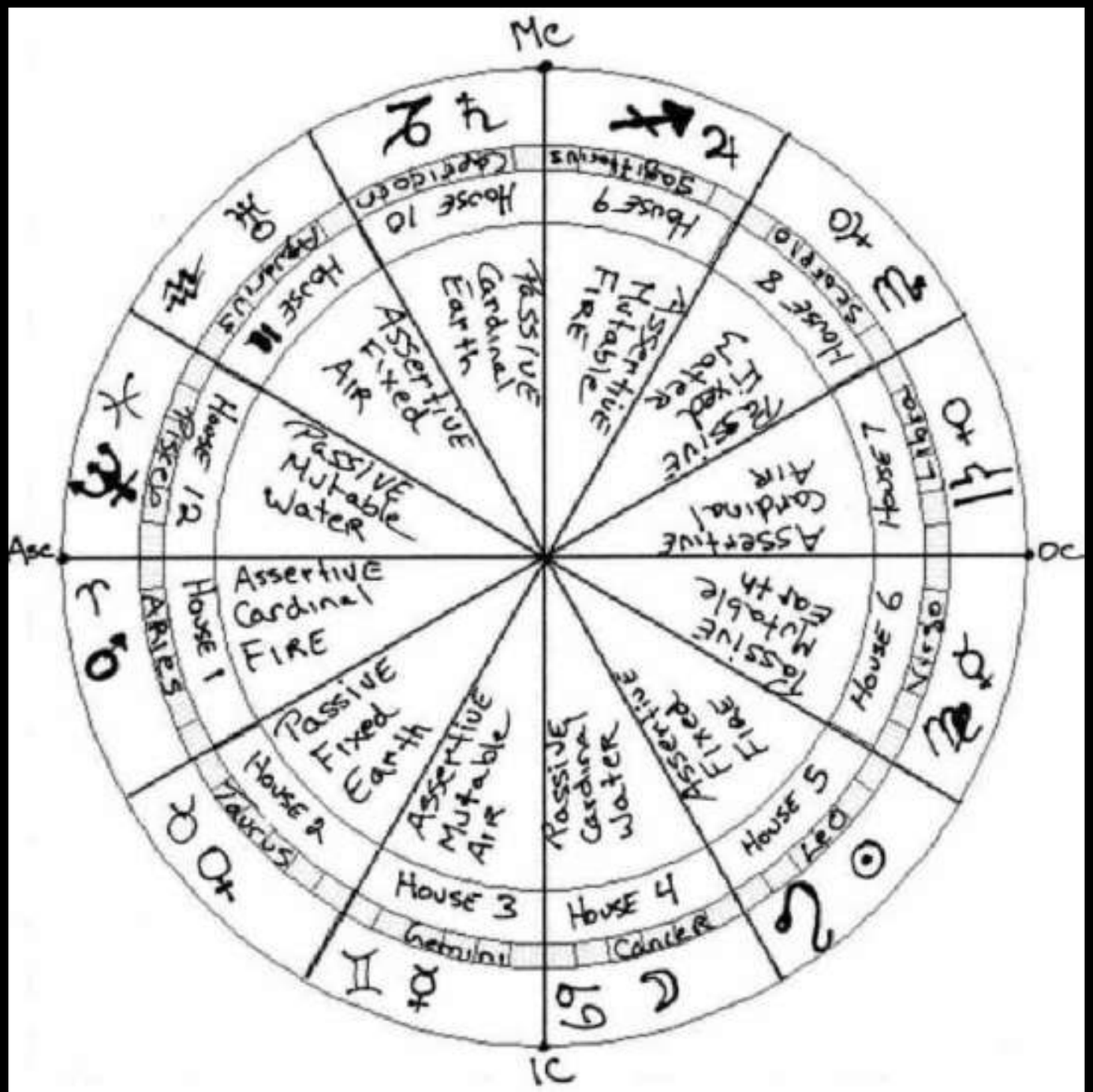
O que minha mãe acha que eu faço

Astronomia

O que meus amigos/alunos imaginam que eu faço

Astronomia

O que a sociedade espera que eu faça



Astronomia

O que eu imagino que estou fazendo

Astronomia

O que eu realmente faço na maior parte do tempo

ASTRONOMIA COMPUTACIONAL
VS
ASTRONOMIA OBSERVACIONAL

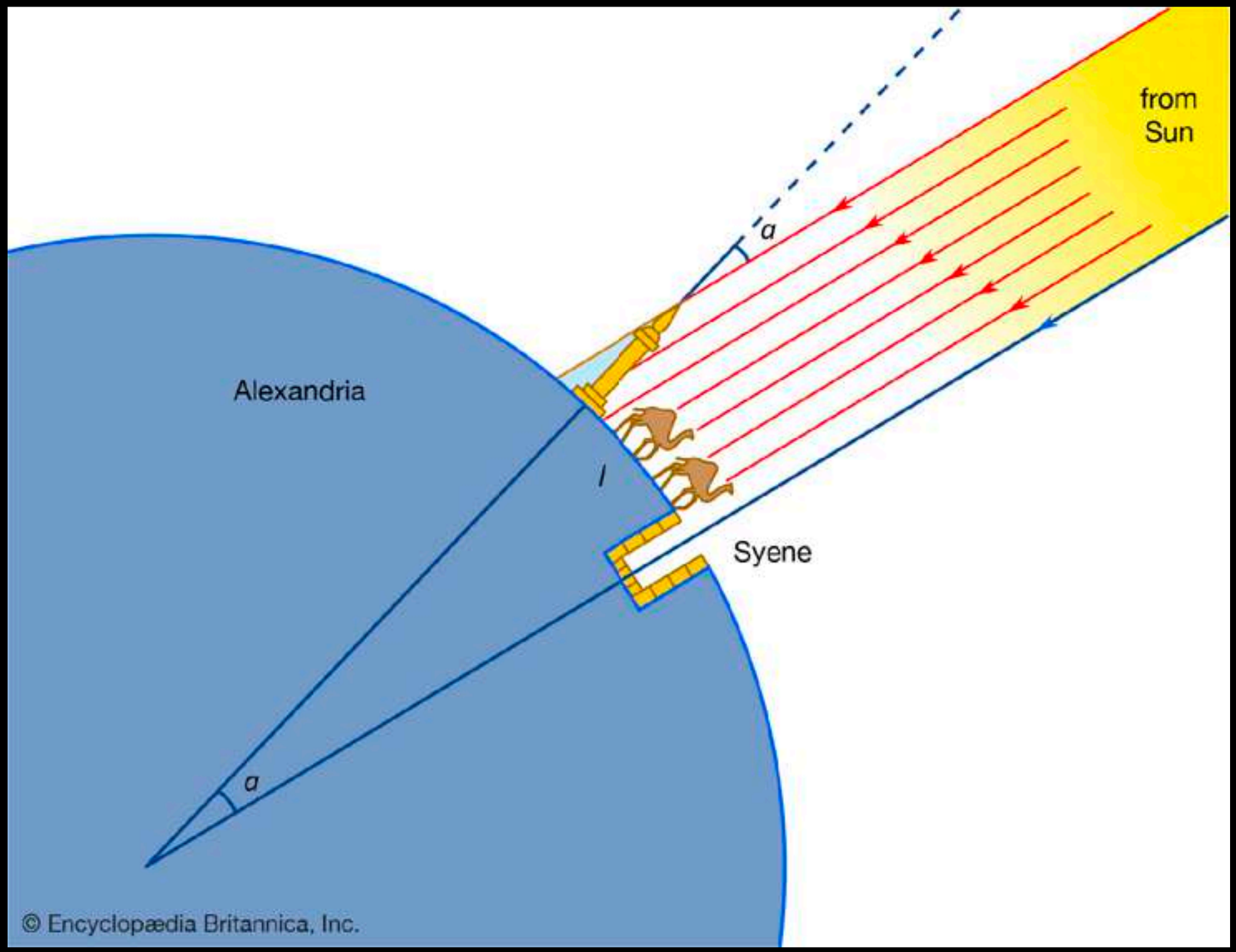
- Bytes
- Problema de N-corpos
- Não tem processador livre
- Travou
- *segmentation fault*

- Pixels
- Gaussiana
- O sol nasceu
- O objeto saiu do campo
- Tem nuvem!

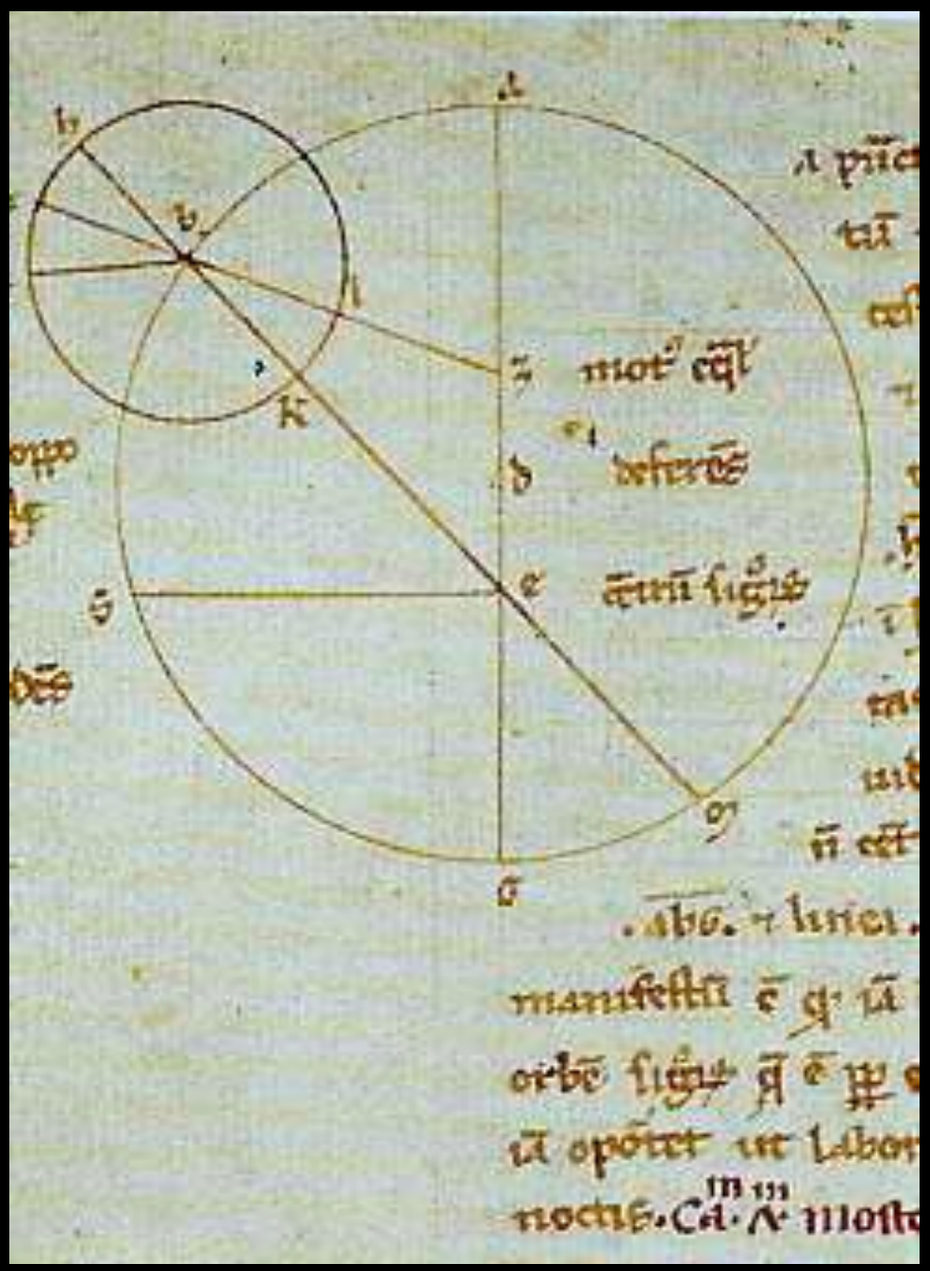
UM POUCO DE HISTÓRIA

MÉTODOS DE OBTENÇÃO: OLHO NU

Ἐρατοσθένης Ὁ Κυρηναῖος



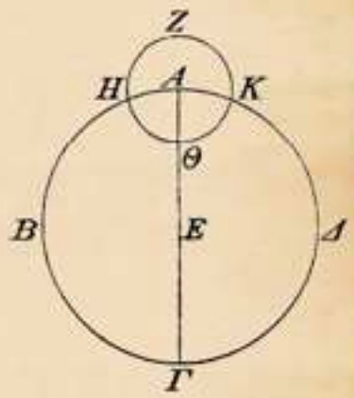
Κλαύδιος Πτολεμαῖος



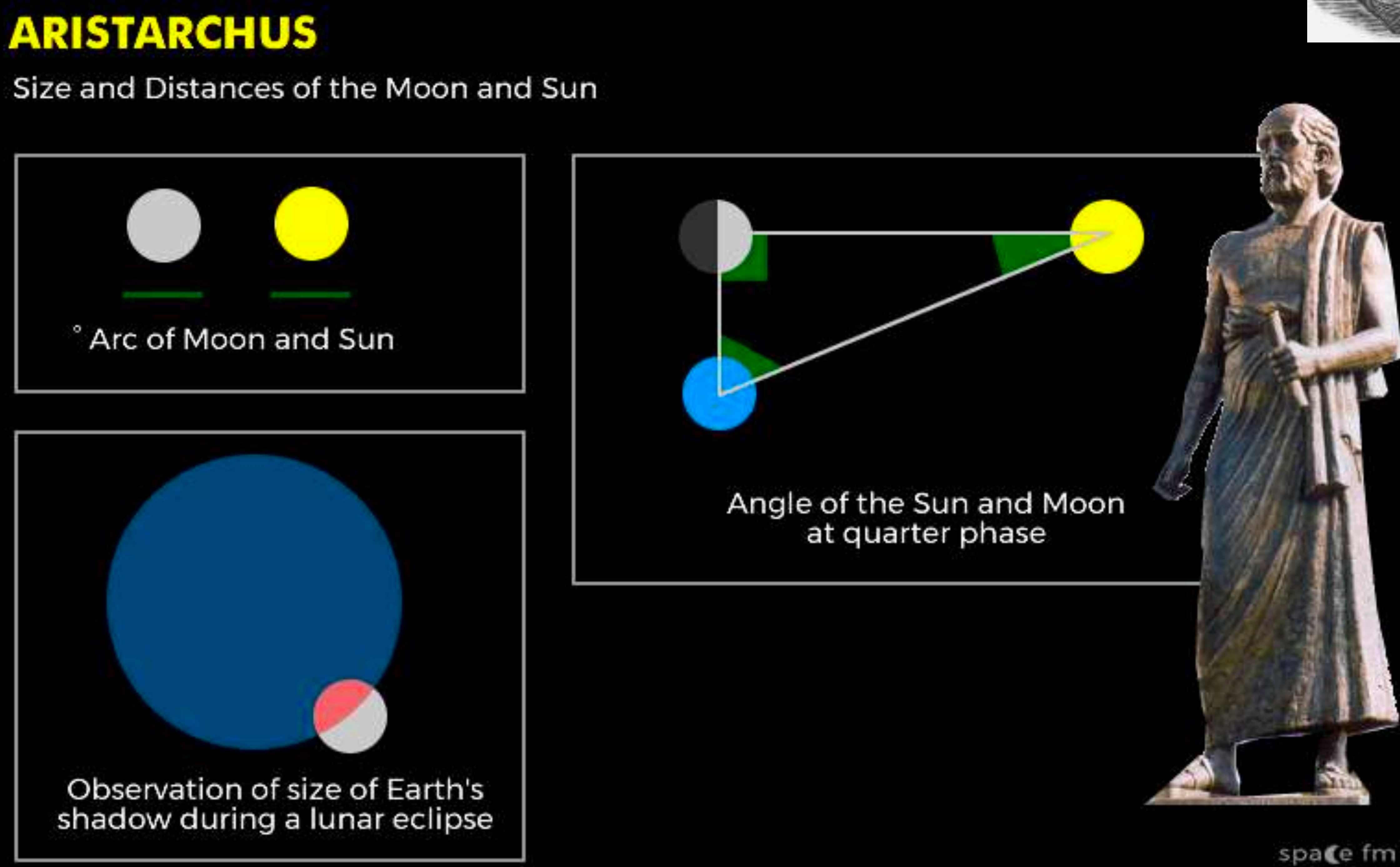
Μαθηματικὴ Σύνταξις

Κλαύδιος Πτολεμαῖος

τὸν μὲν ὁμόκεντρον τῷ διὰ μέσων τῶν ζῳδίων κύκλον τὸν *ΑΒΓΔ* περὶ κέντρον τὸ *Ε* καὶ διάμετρον τὴν *ΑΕΓ*, τὸν δ' ἐπ' αὐτοῦ φερόμενον ἐπίκυκλον, ἐφ' οὗ κινεῖται ὁ ἀστήρ, τὸν *ΖΗΘΚ* περὶ κέντρον τὸ *Α*, φανερὸν καὶ οὕτως αὐτόθεν ἔσται, διότι τοῦ ἐπικύκλου ὁμαλῶς διερχομένου τὸν *ΑΒΓΔ* κύκλον ὡς ἀπὸ τοῦ *Α* λόγου ἕνεκα ἐπὶ τὸ *Β* καὶ τοῦ ἀστέρος τὸν ἐπίκυκλον, ὅταν μὲν κατὰ τῶν *Ζ* καὶ *Θ* γένηται ὁ ἀστήρ, ἀδιαφόρως φανήσεται τῷ *Α* κέντρῳ τοῦ ἐπικύκλου, ὅταν δὲ κατὰ ἄλλων, οὐκέτι, ἀλλὰ κατὰ μὲν τοῦ *Η* φέρε εἰπεῖν γινόμενος πλείονα δόξει πεποιῆσθαι κίνησιν τῆς ὁμαλῆς τῇ *ΑΗ* περιφερείᾳ, κατὰ δὲ τοῦ *Κ* ἐλάσσονα ὁμοίως τῇ *ΑΚ* περιφερείᾳ.



Ἀρίσταρχος Ὁ Σάμιος



Mikołaj Kopernik

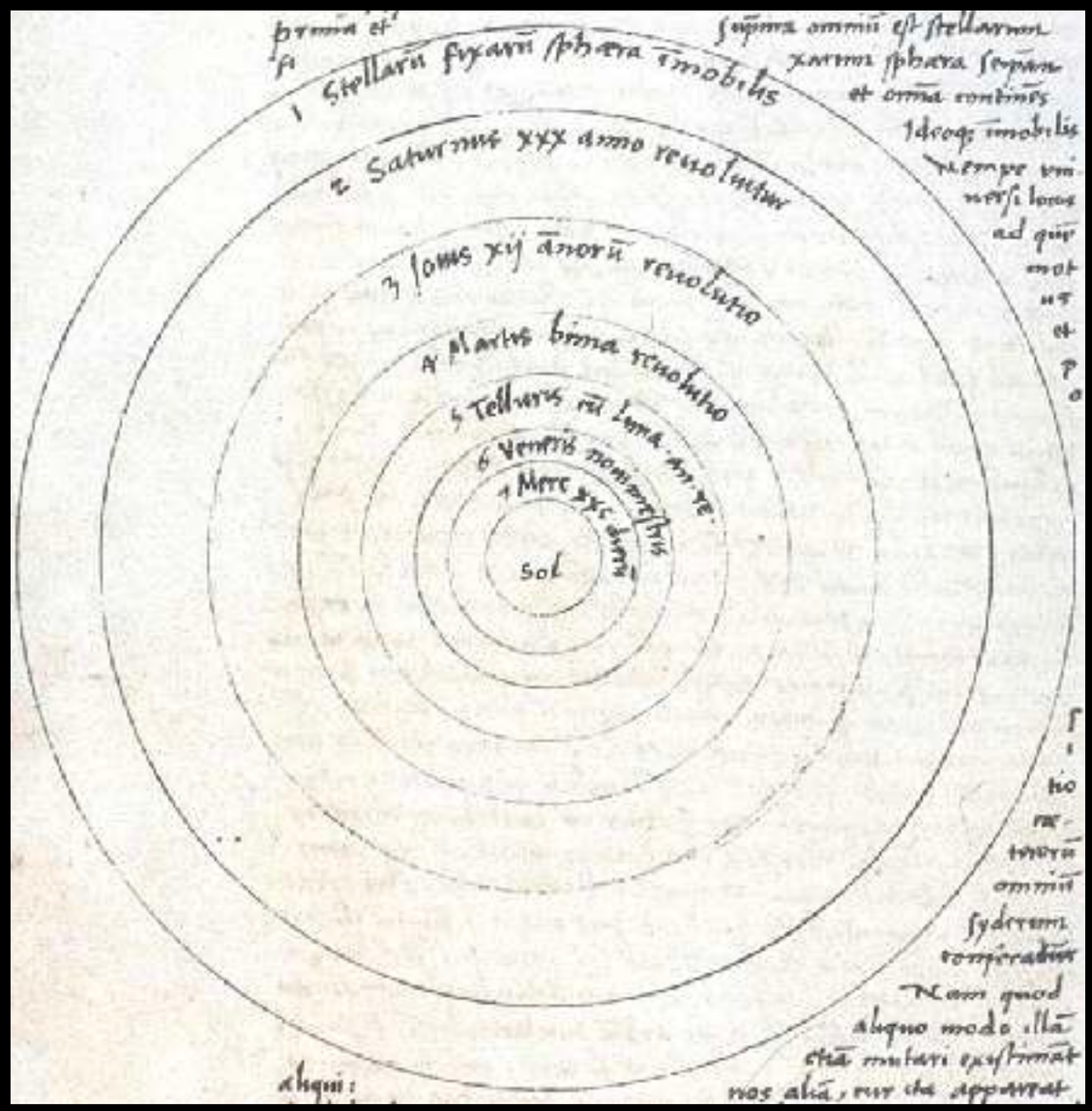
NICOLAI
COPERNICI TO-
RINENSIS DE REVOLVTIONI-
bus orbium cœlestium,
Libri VI.

IN QVIBVS STELLARVM ET E-
XACTVS EARVM LIBRATIONVM MOTVS, EX ANTI-
quis usq; recentibus obseruationibus restitutus, nouisq; hic ac mir-
Præterea tabulas expeditas faciles[que] addidit, ex quis
has eosdem motus ad quodlibet tempus Mathe-
matici facillime calcu-
lare poterit.

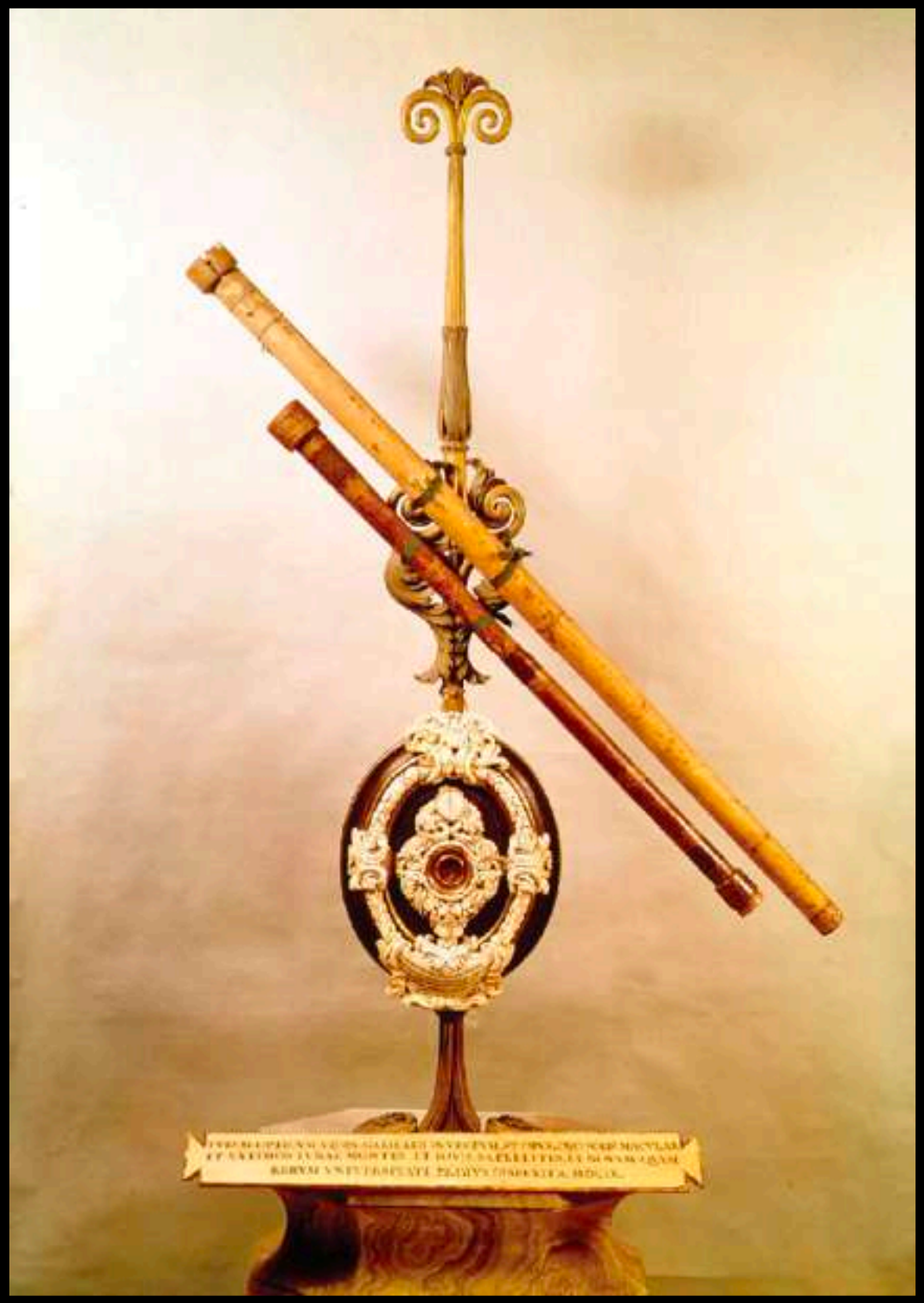
ITEM DE LIBRIS REVOLVTIONVM NICOLAI
Caspari Neri Narratio prima, per M. Georg. Ioachimum Rhæticum ad D. Ioan. Schoner.
nunc primum.

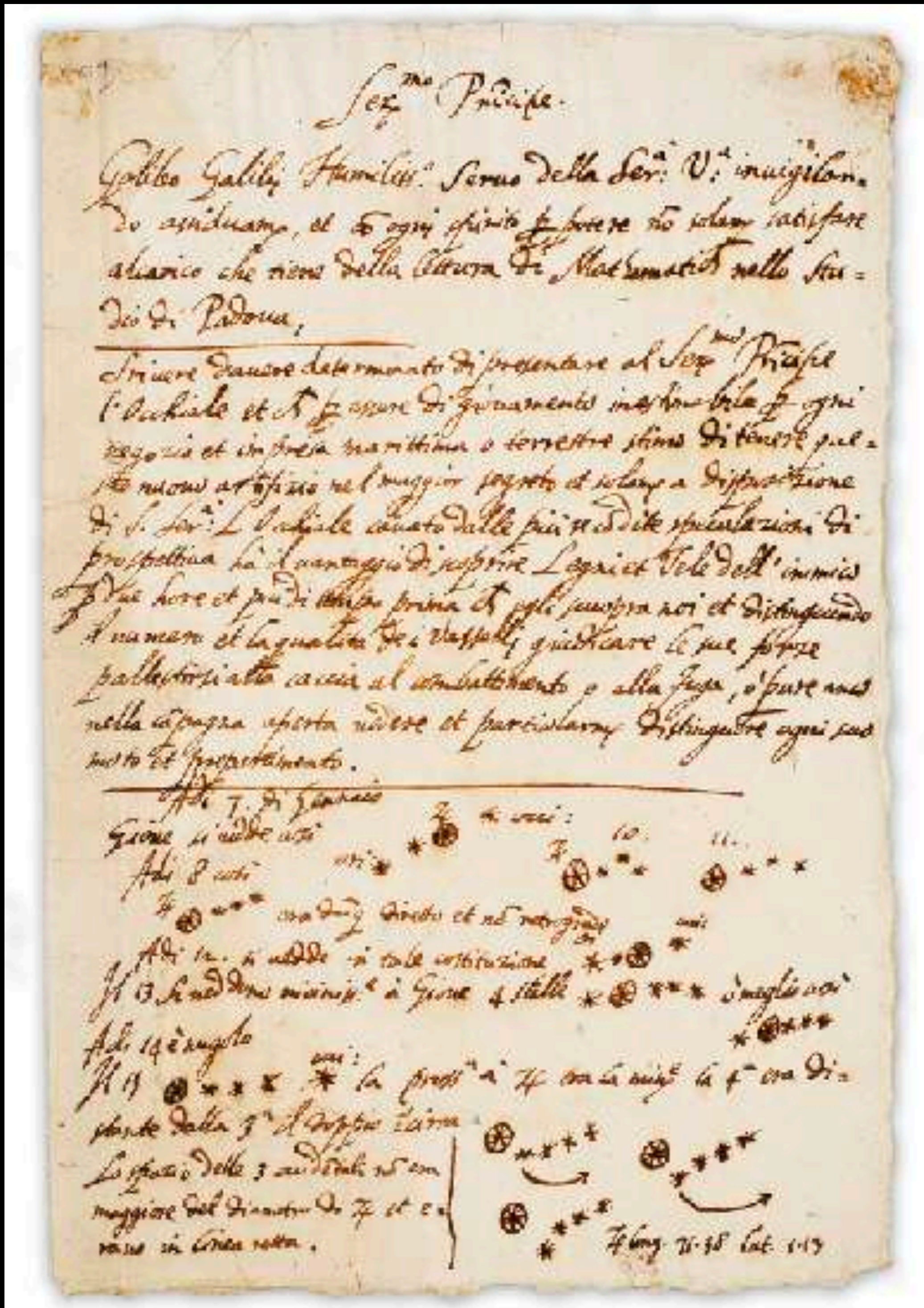
Cum Gratia & Priuilegio Sac. Maiest.

BASILEAE, EX OFFICINA
HENRICPETRINA.



Galileo Galilei





Ser.mo Principe.

Galileo Galilei Humiliss.o Servo della Ser.tà V.a invigilando assiduamente, et con ogni spirito per potere non solamente satisfare al carico che tiene della lettura di Matematiche nello Studio di Padova,

Havere dinanzi determinato di presentare al Ser.mo Principe l'Occhiale et di poter essere di giovamento inestimabile per ogni negozio et impresa marittima o terrestre stima di tenere questo nuovo artifizio nel maggior segreto et solamente a disposizione di V. Ser.tà L'Occhiale cavato dalle più recondite speculazioni di prospettiva ha il vantaggio di scoprire Legni et Vele dell'inimico due hore et più di tempo prima che egli scuopra noi et distinguendo il numero et la qualità de i Vasselli giudicare le sue forze pallestirsi alla caccia al combattimento o alla fuga, o pure ancora nella campagna aperta vedere et particolarmente distinguere ogni suo moto et preparamento.

Adi 7. di Gennaio Giove si vedde così: * * ⊕ * così:

Adi 8 così ⊕ * * * era dunque diretto et no retrogrado

Adi 12. si vedde in tale costitutione * * ⊕ *

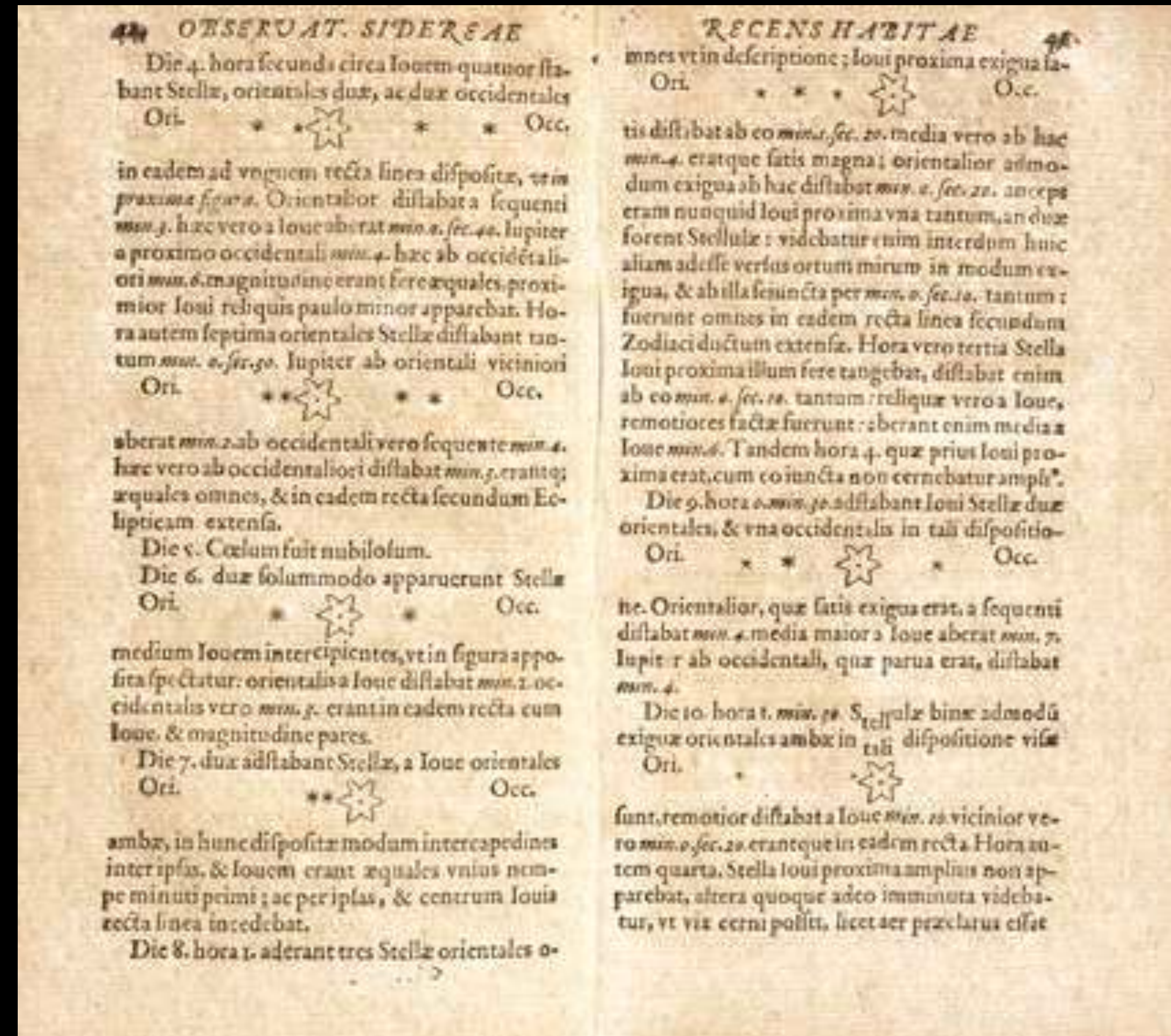
Il 13 si veddono vicinis.e a Giove 4 stelle * ⊕ * * * o meglio così

Adi 14 è nugolo

Il 15 ⊕ * * * * così: la pross.a a ♃ era la minore la 4.a era distante dalla 3.a il doppio circa

Lo spatio delle 3 occidentali no era maggiore del diametro di ♃ et erano in linea retta.

♃ long. 71.38 lat. 1.13



44 OBSERVAT. SIDEREAE

Die 4. hora secunda circa Iouem quatuor stabant Stellæ, orientales duæ, ac duæ occidentales

Ori. * * ✡ * * Occ.

in eadem ad vnguem recta linea dispositæ, vt in proxima figura. Orientalior distabat a sequenti min. 3. hæc vero a Ioue aberat min. 0. sec. 40. Iupiter a proximo occidentali min. 4. hæc ab occidentaliori min. 6. magnitudine erant fere æquales, proximior Ioui reliquis paulo minor apparebat. Hora autem septima orientales Stellæ distabant tantum min. 0. sec. 30. Iupiter ab orientali viciniori

Ori. * * ✡ * * Occ.

aberat min. 2. ab occidentali vero sequente min. 4. hæc vero ab occidentaliori distabat min. 3. erantq; æquales omnes, & in eadem recta secundum Eclipticam extensa.

Die 5. Cœlum fuit nubilosum.

Die 6. duæ solummodo apparuerunt Stellæ

Ori. * ✡ * Occ.

medium Iouem intercipientes, vt in figura apposita spectatur: orientalis a Ioue distabat min. 2. occidentalis vero min. 3. erantin eadem recta cum Ioue, & magnitudine pares.

Die 7. duæ adstabant Stellæ, a Ioue orientales

Ori. * * ✡ Occ.

ambæ, in hunc dispositæ modum intercapedines inter ipsas, & Iouem erant æquales vnius tempe minuti primi; ac per ipsas, & centrum Iouis recta linea incedebat.

Die 8. hora 1. aderant tres Stellæ orientales o-

RECENS HABITAE 45

mnes vt in descriptione; Ioui proxima exigua sa-

Ori. * * * ✡ Occ.

tis distabat ab eo min. 1. sec. 20. media vero ab hac min. 4. eratque satis magna; orientalior admodum exigua ab hac distabat min. 0. sec. 20. anceps eram nunquid Ioui proxima vna tantum, an duæ forent Stellulæ: videbatur enim interdum huic aliam adesse versus ortum mirum in modum exigua, & ab illa seiuncta per min. 0. sec. 10. tantum: fuerunt omnes in eadem recta linea secundum Zodiaci ductum extensa. Hora vero tertia Stella Ioui proxima illum fere tangebat, distabat enim ab eo min. 0. sec. 10. tantum: reliquæ vero a Ioue, remotiores factæ fuerunt: aberant enim media a Ioue min. 6. Tandem hora 4. quæ prius Ioui proxima erat, cum eo iuncta non cernebatur amplius.

Die 9. hora 0. min. 30. adstabant Ioui Stellæ duæ orientales, & vna occidentalis in tali dispositio-

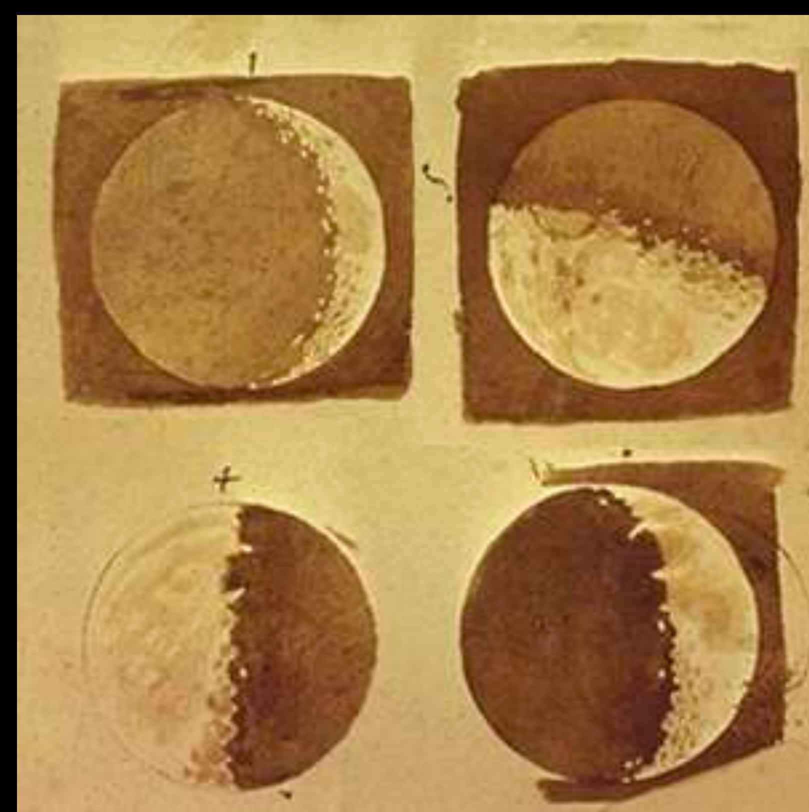
Ori. * * ✡ * Occ.

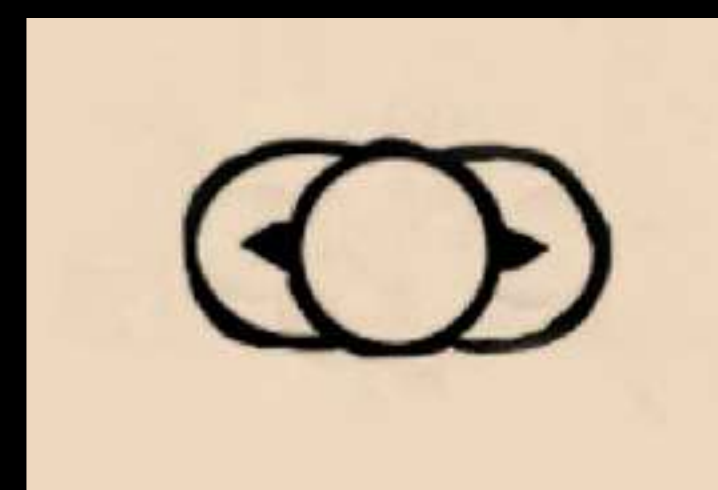
ne. Orientalior, quæ satis exigua erat, a sequenti distabat min. 4. media maior a Ioue aberat min. 7. Iupiter ab occidentali, quæ parua erat, distabat min. 4.

Die 10. hora 1. min. 30. Stellulæ binæ admodū exiguæ orientales ambæ in tali dispositione visæ

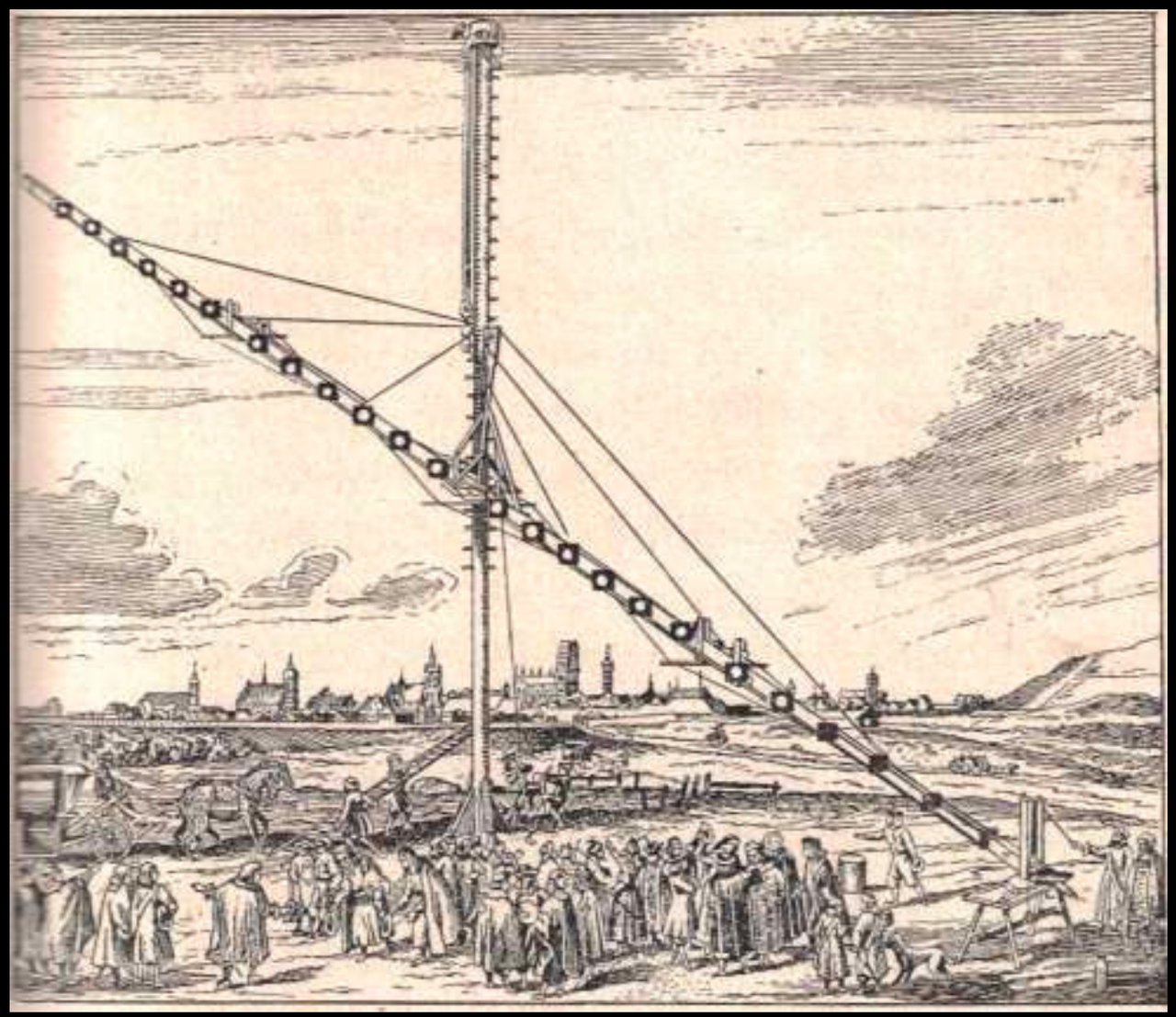
Ori. * * ✡

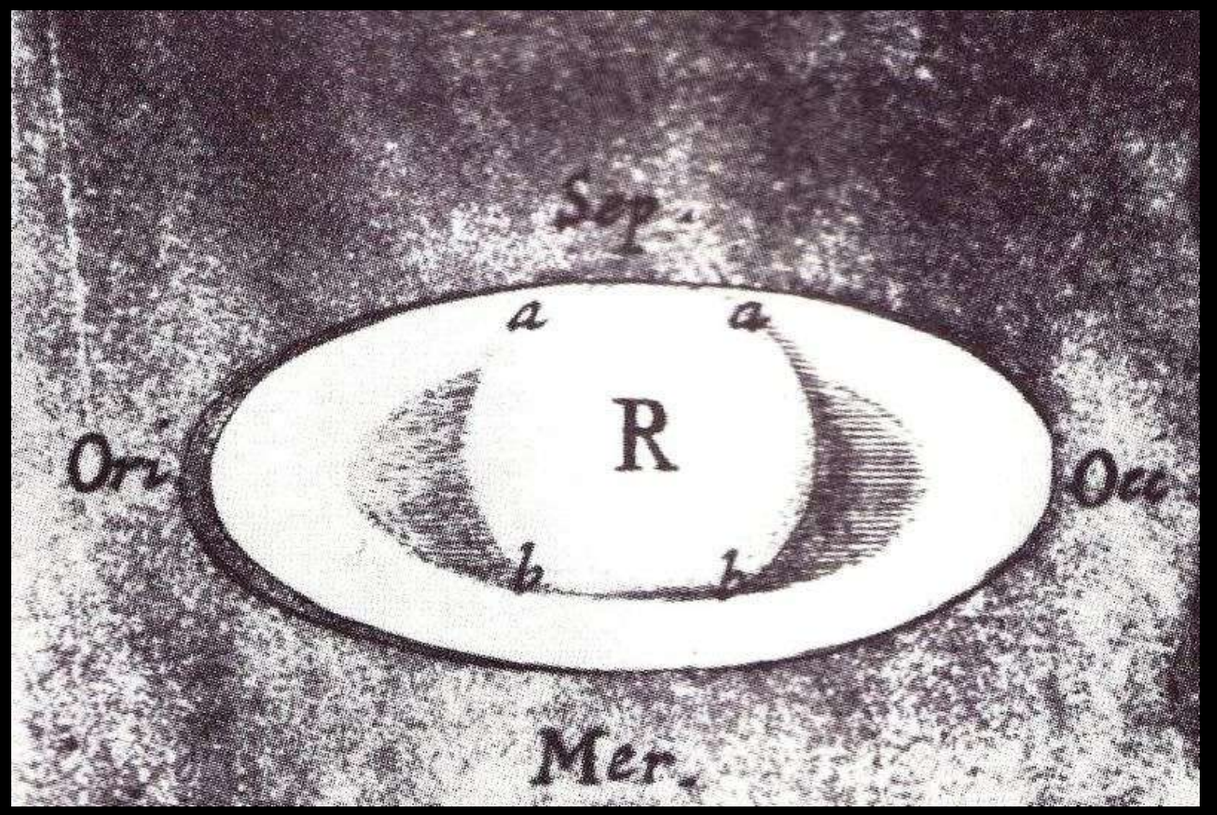
sunt, remotior distabat a Ioue min. 10. vicinior vero min. 0. sec. 20. erantque in eadem recta. Hora autem quarta, Stella Ioui proxima amplius non apparebat, altera quoque adeo imminuta videbatur, vt vix cerni posset, licet aer præclarus esset



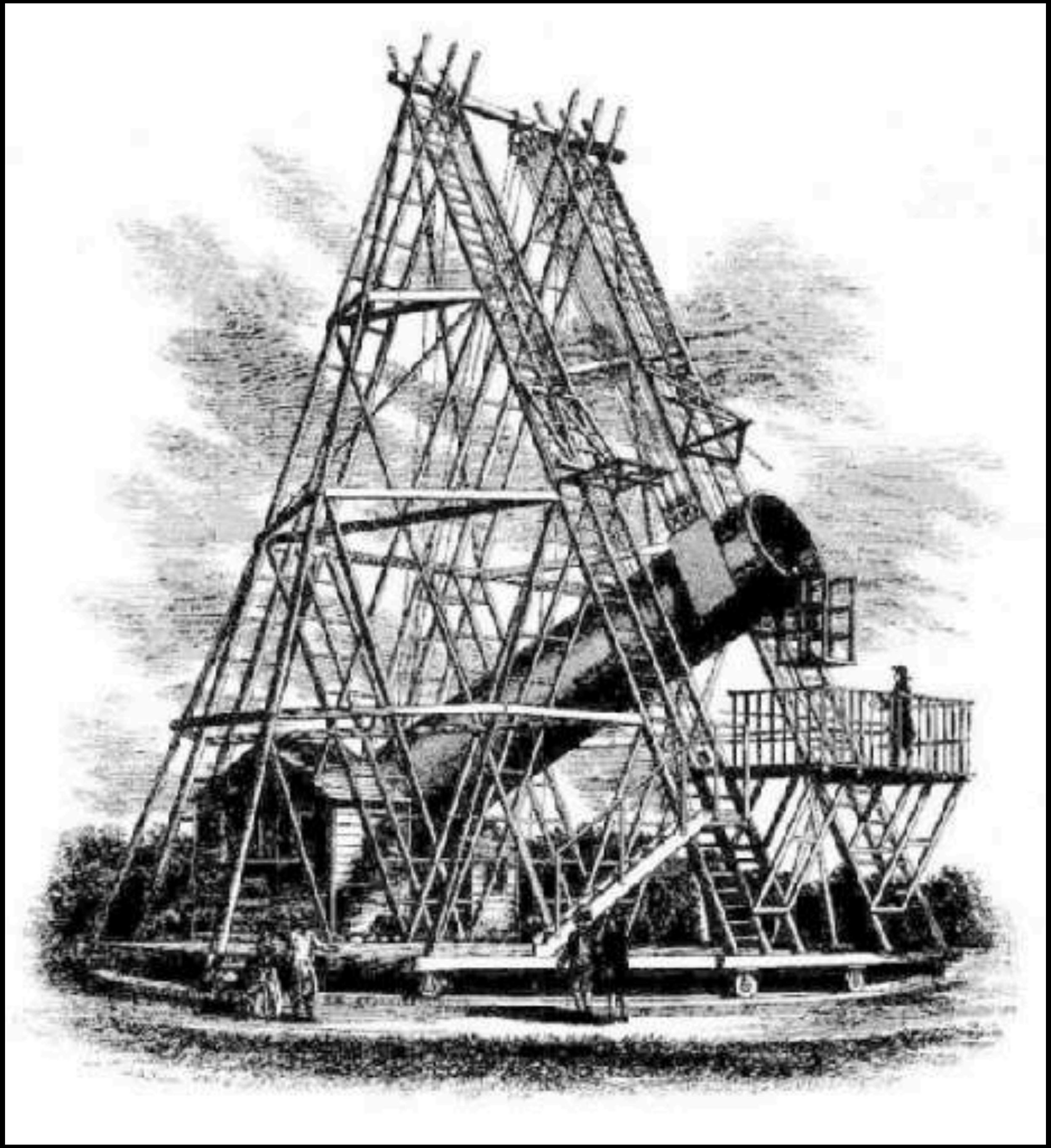


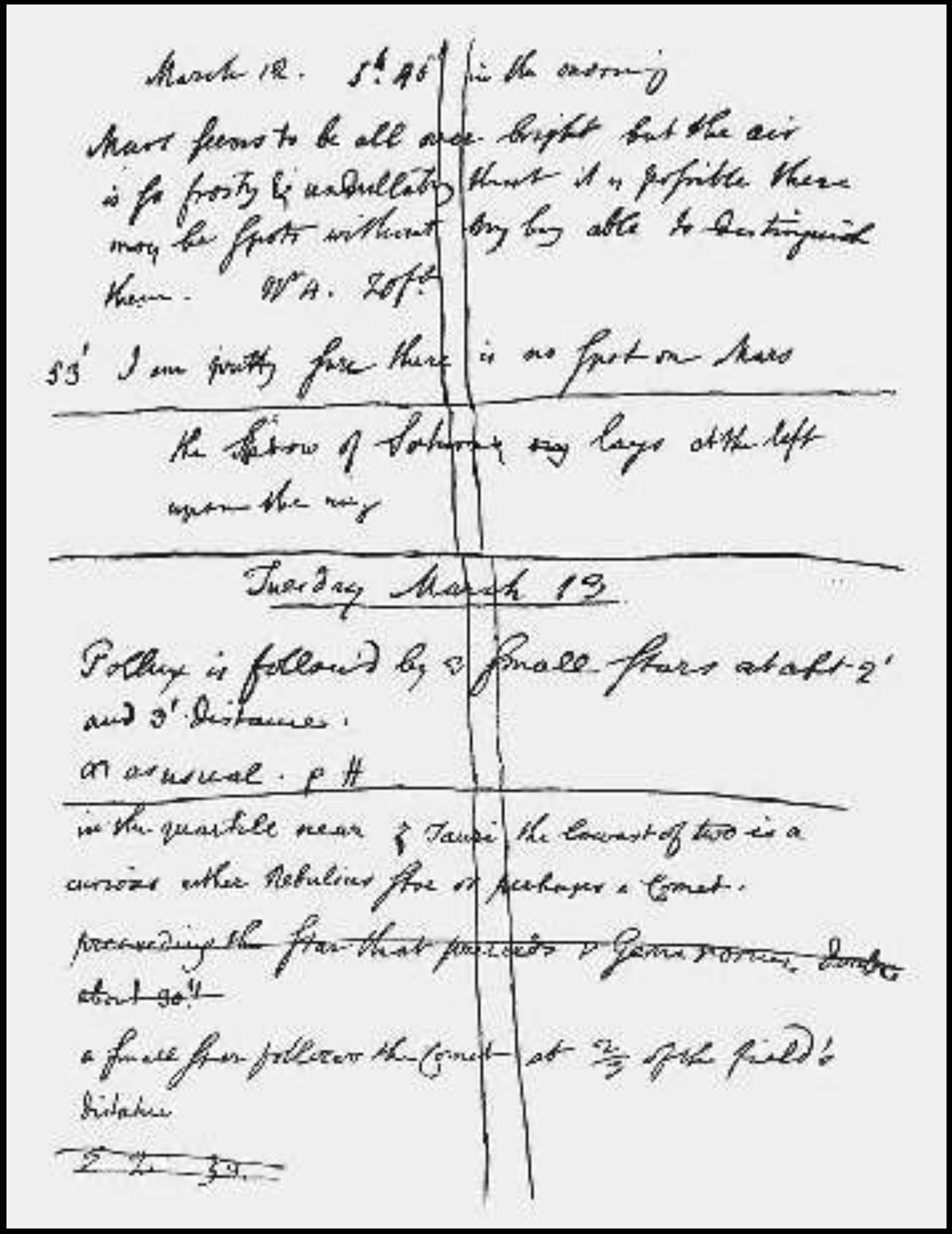
Christiaan Huygens





William Herschel





March 12. 5h 46' in the morning

Mars seems to be all over bright but the air is so frosty & undulating that it is possible there may be spots without my being able to distinguish them. 7ft. 20ft.

53' I am pretty sure there is no spot on Mars

the Shadow of Saturn's ring lays at the left upon the ring

Tuesday March 13.

Pollux is followed by 3 small stars at abt 2' and 3' Distance.

~~as usual~~ . p H

in the quartile near ζ Tauri the lowest of two is a curious either Nebulous Star or perhaps a Comet.

~~preceding the star that precedes ν Geminorum~~

~~about 90"~~

a small star follows the Comet at 2/3 of the field's Distance

Urbain Le Verrier

RECHERCHES

SUR LES

MOUVEMENTS D'URANUS,

PAR U.-J. LE VERRIER.

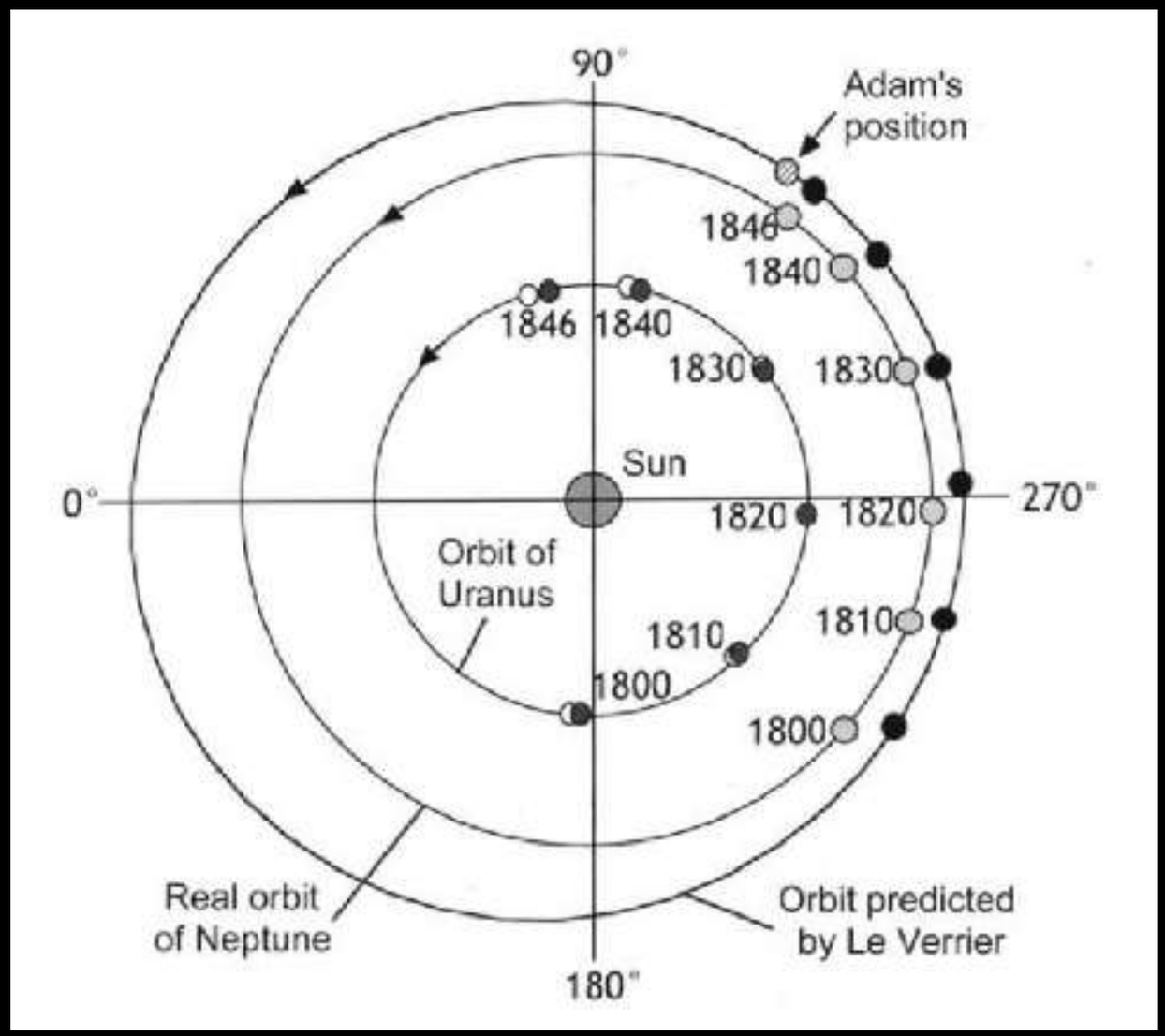
PARIS.

BACHELIER, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

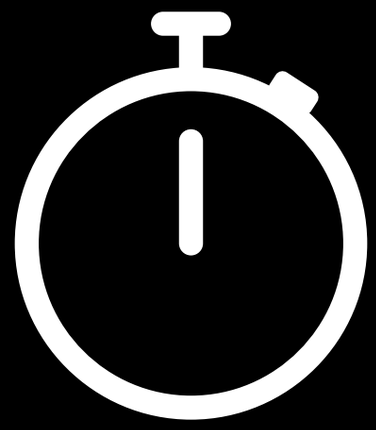
Du Bureau des Longitudes et de l'École royale Polytechnique,

QUAI DES AUGUSTINS, 55.

1846



AVANÇANDO UM POUCO



MELHORIA NAS OBSERVAÇÕES ASTRONÔMICAS

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES

- Grandes telescópios
  - VLT
  - Keck
  - GTC

- Vantagens
  - Menor custo
  - Maior tempo de vida
  - Atualização dos instrumentos

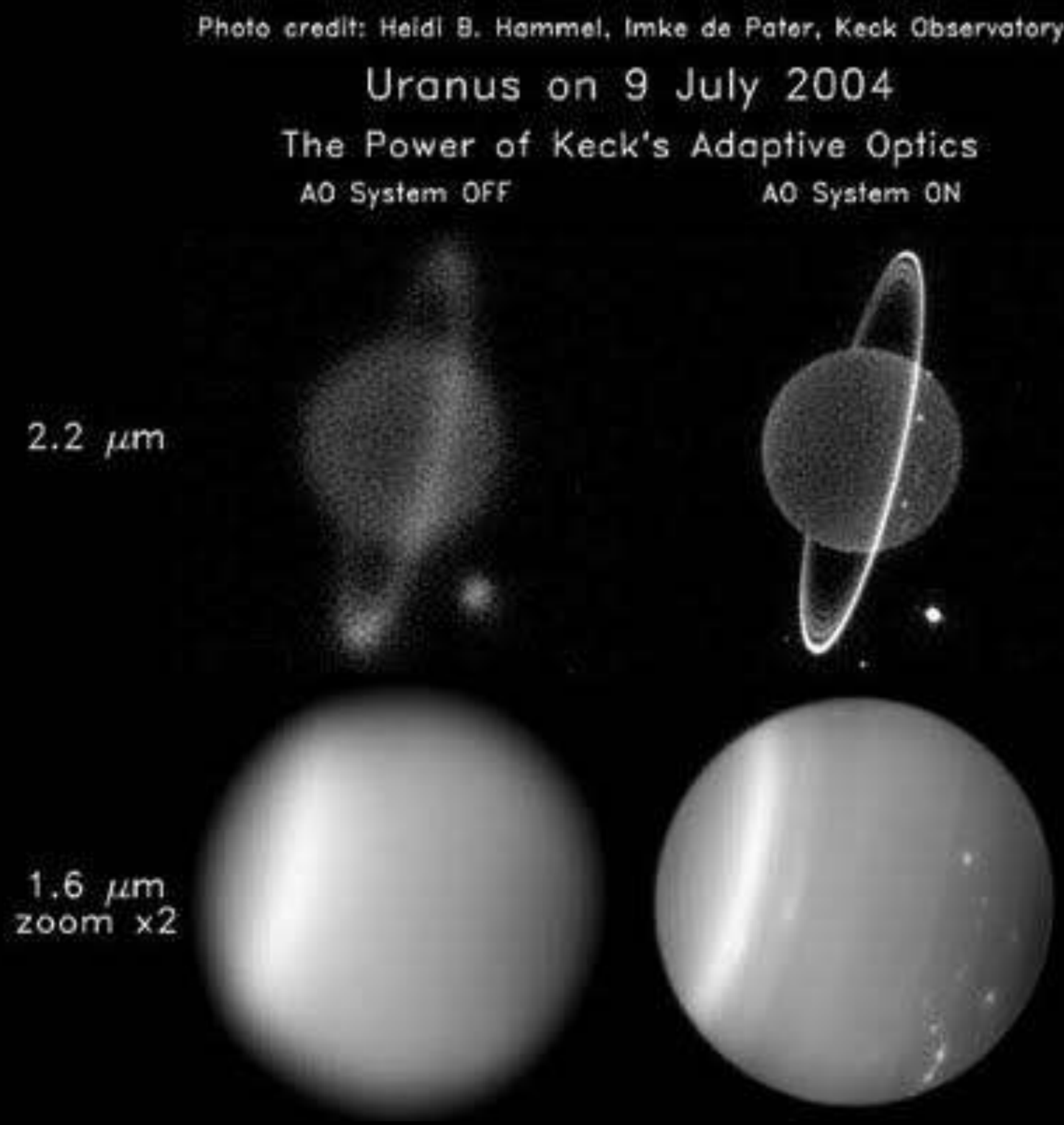
- Desvantagens
  - **Perturbações atmosféricas**
  - Absorção atmosférica

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES + AO

- Correções dos efeitos da distorção atmosférica
- Frentes de onda → spots no CCD → reconstrução das frentes de onda
- Deformações no espelho secundário
- Precisão de milissegundos
- Necessidade de uma estrela de referência
  - Sem estrelas no mesmo campo?
  - Cria-se uma com laser (LGS)

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES + AO

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES + AO

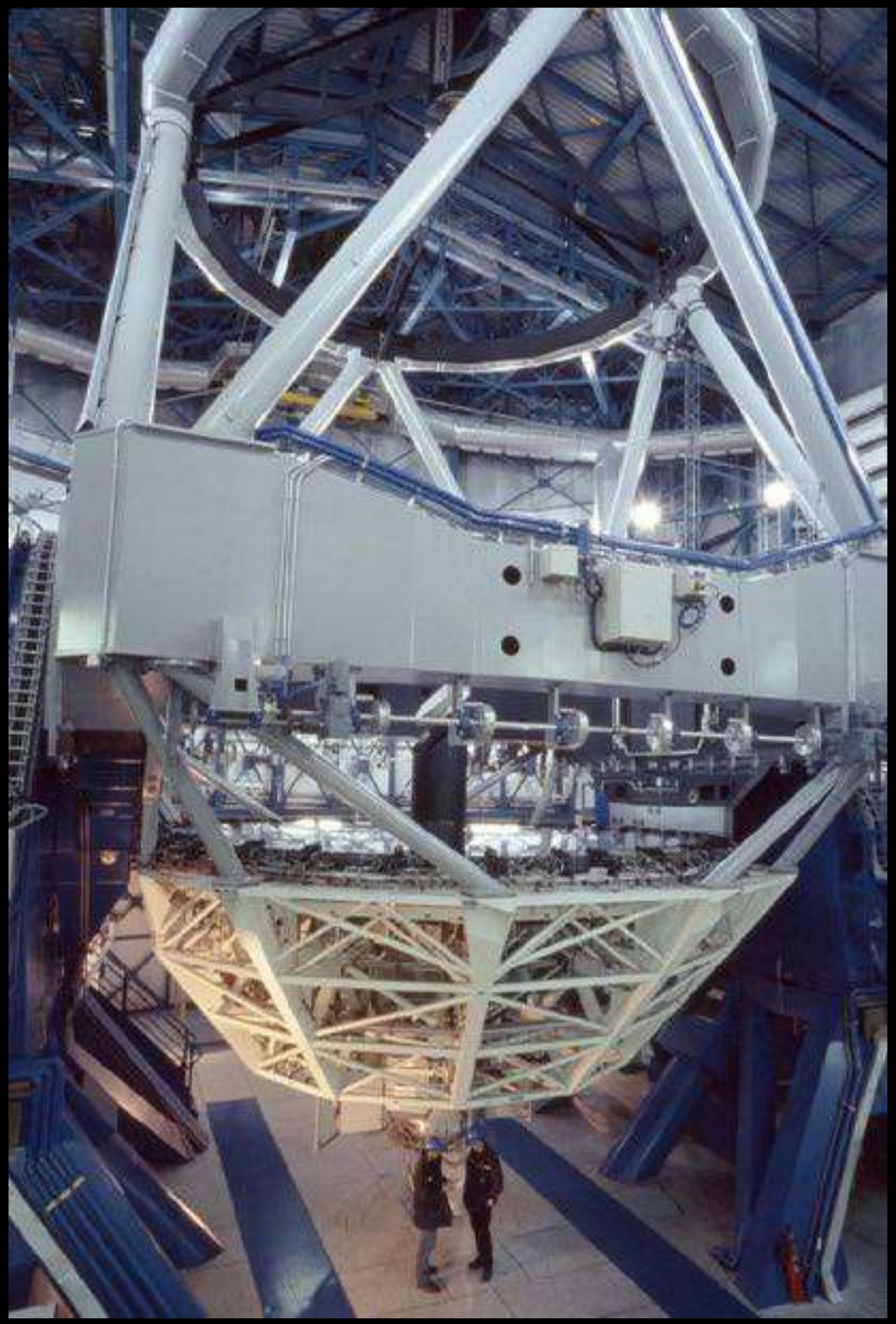


OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES - OPD

Telescópio 1.6m

- Itajubá / MG
- 1981
- Operado pelo LNA
- Altitude: 1864m
- Espelho primário de 1.6m
- Espectrógrados e CCDs no visível e IR

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES - VLT

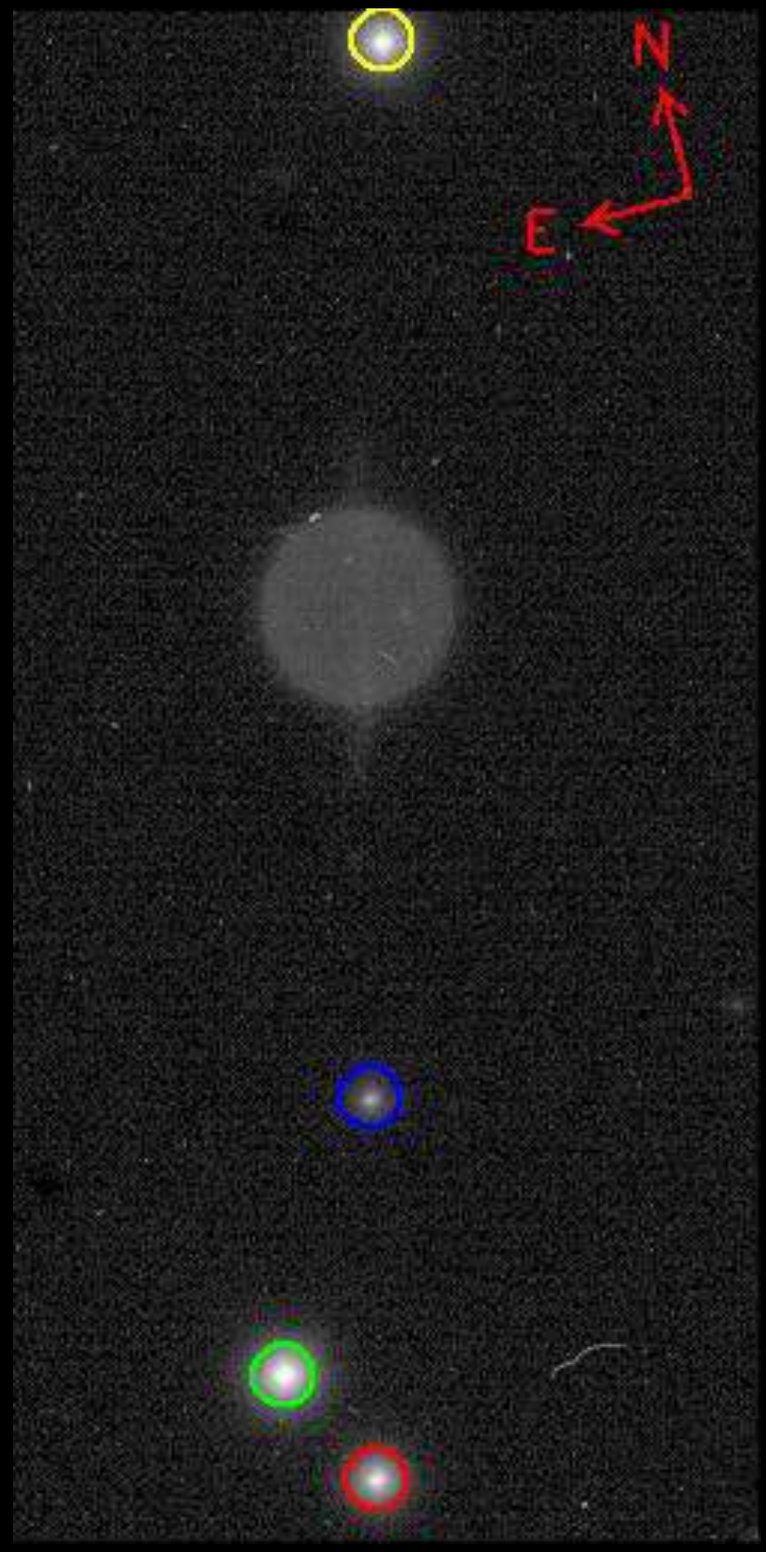


VLT 4 (Yepun)

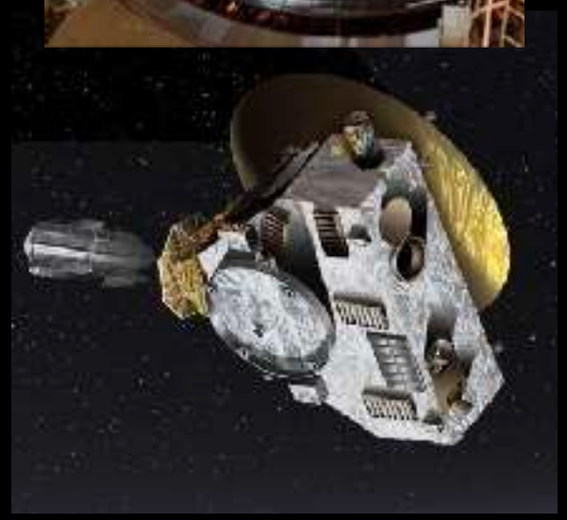
- Cerro Paranal (Chile)
- 1998
- Operado pelo ESO
- Altitude: 2635 m
- Espelho primário de 8.2m
- Espectrógrafos e CCD’s no IR e NIR
- (NACO, SINFONI, HAWK-I)

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS TERRESTRES - OPS X VLT

(F. B. Ribas)



OBTENÇÃO: SONDAS ESPACIAIS

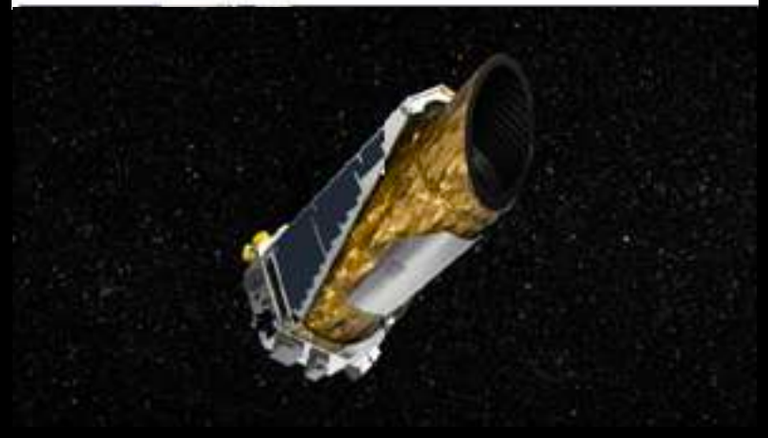


- Sondas espaciais
  - Voyager
  - Cassini
  - New Horizons

- Vantagens
  - Maior resolução
  - Geometria da observação

- Desvantagens
  - Tempo de desenvolvimento
  - Janela de lançamento
  - Tempo para transferência
  - Custo

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS ESPACIAIS



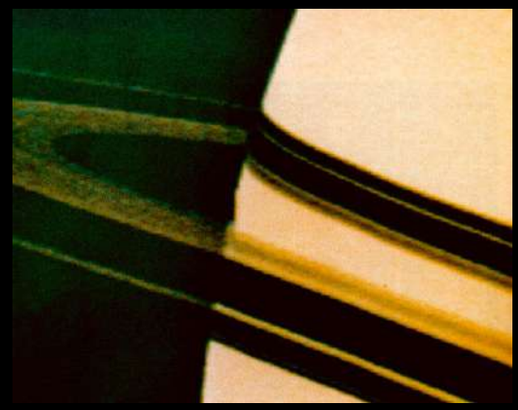
- Telescópios espaciais
  - Hubble
  - Chandra
  - Kepler
- Vantagens
  - Sem perturbação da atmosfera
  - Sem absorção atmosférica
  - Observações contínuas mais longas
- Desvantagens
  - Tempo de desenvolvimento
  - Janela de lançamento
  - Custo
  - Lixo espacial

OBTENÇÃO: TELESCÓPIOS VS SONDAS

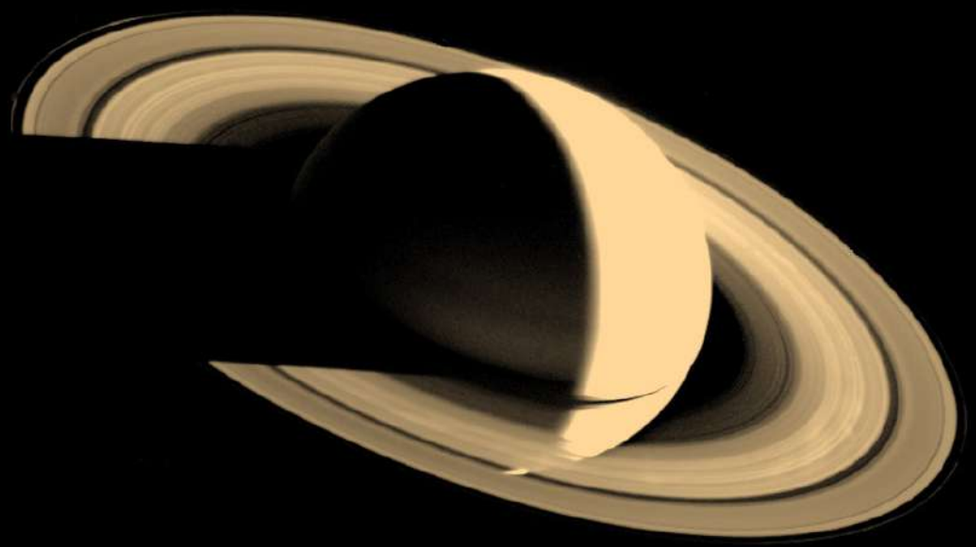
VLT

Hubble

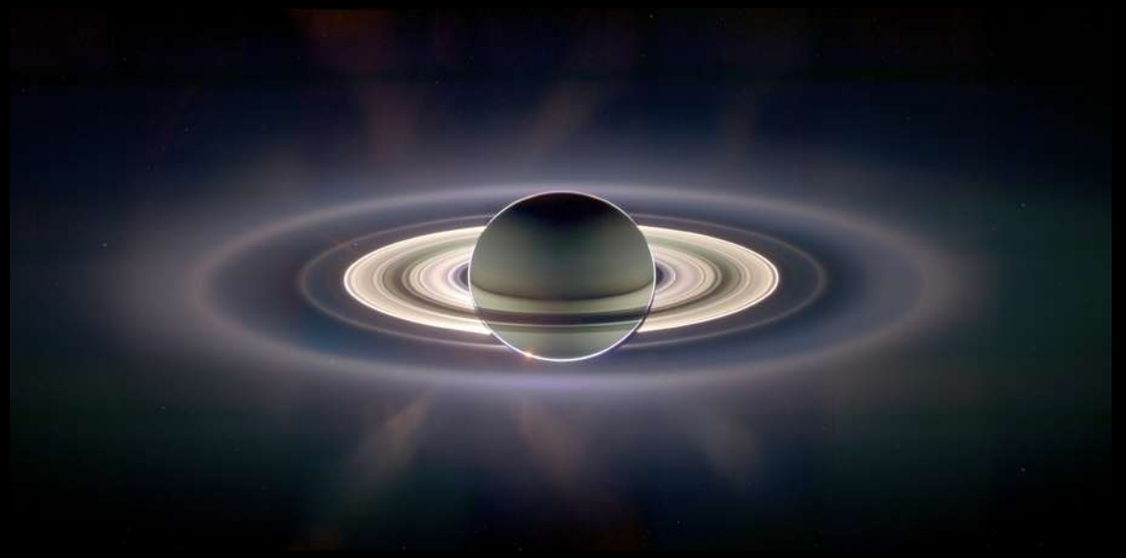
Pioner 11



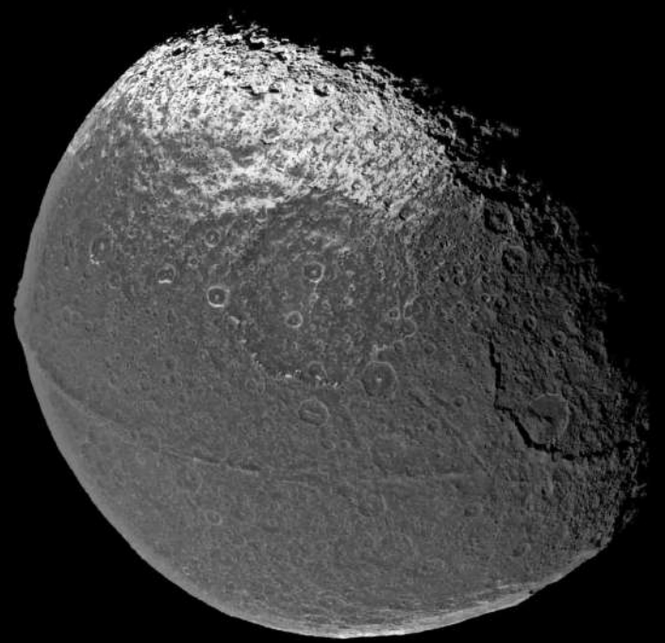
Voyager II

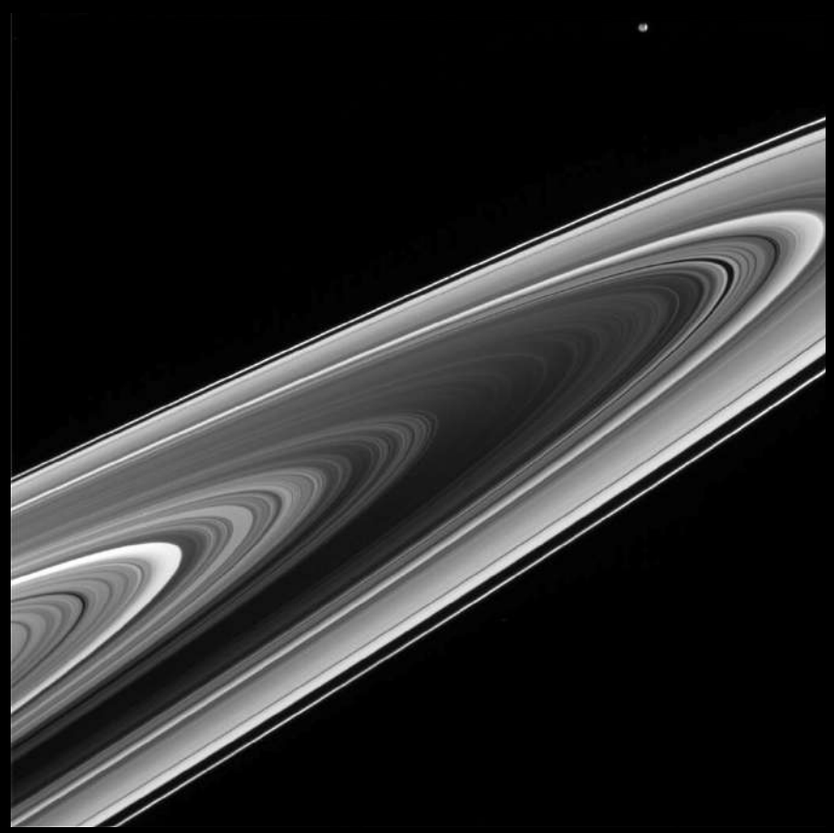


Cassini



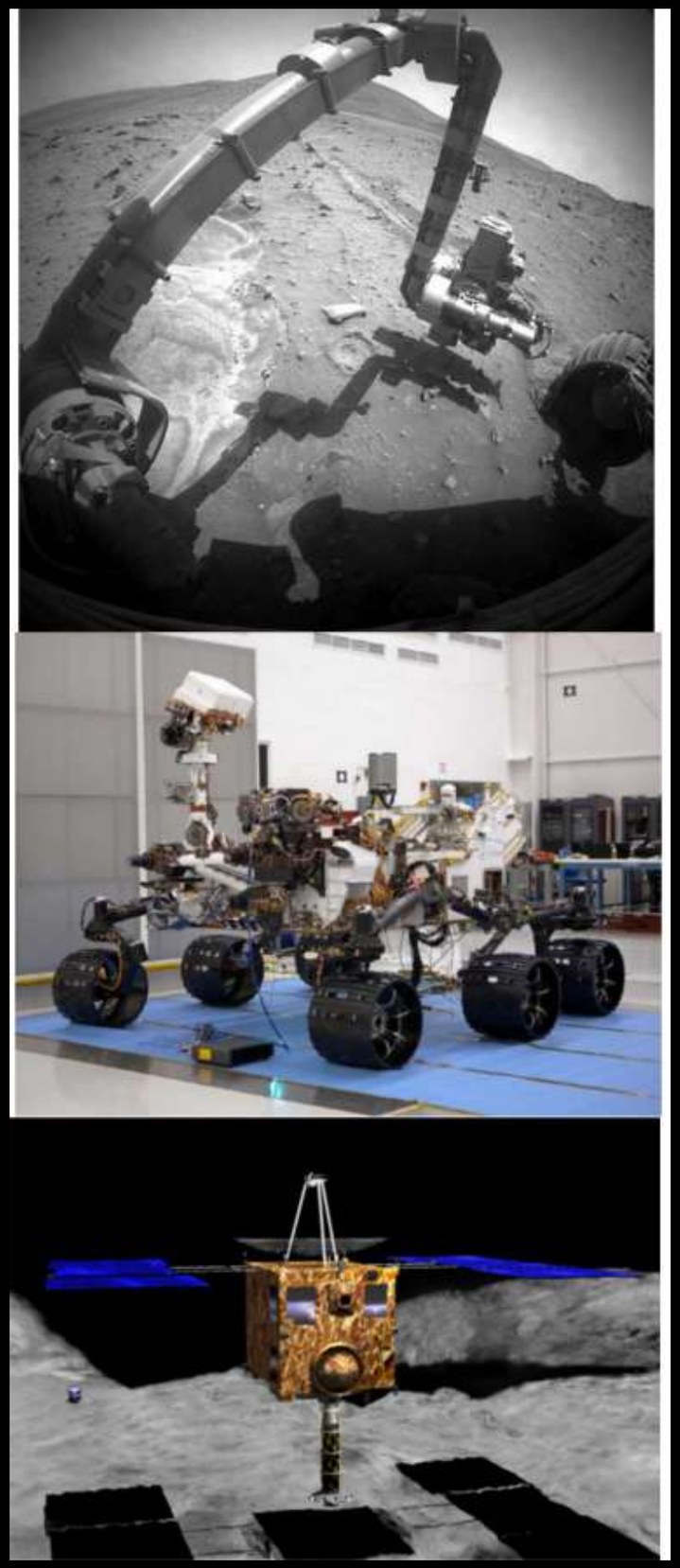
OBTENÇÃO: SONDAS - CASSINI





OBTENÇÃO: SONDAS - CASSINI

OBTENÇÃO: LANDERS E ROVERS

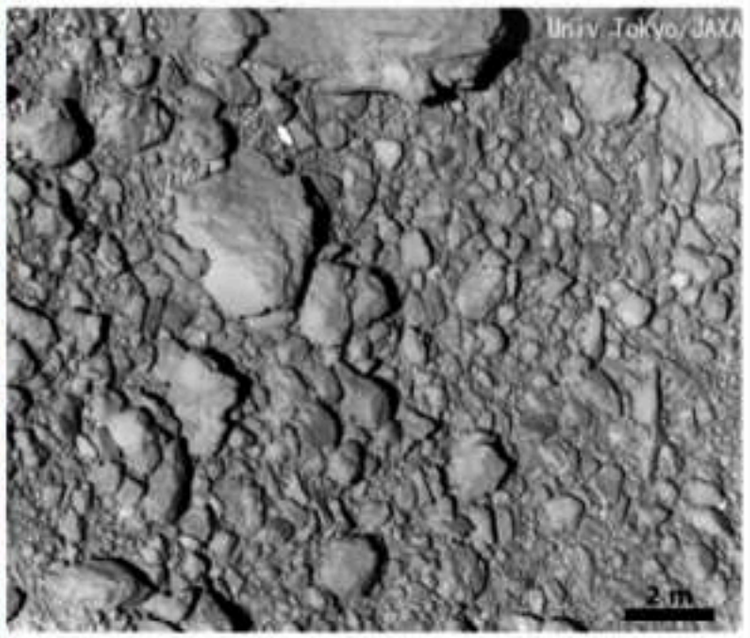


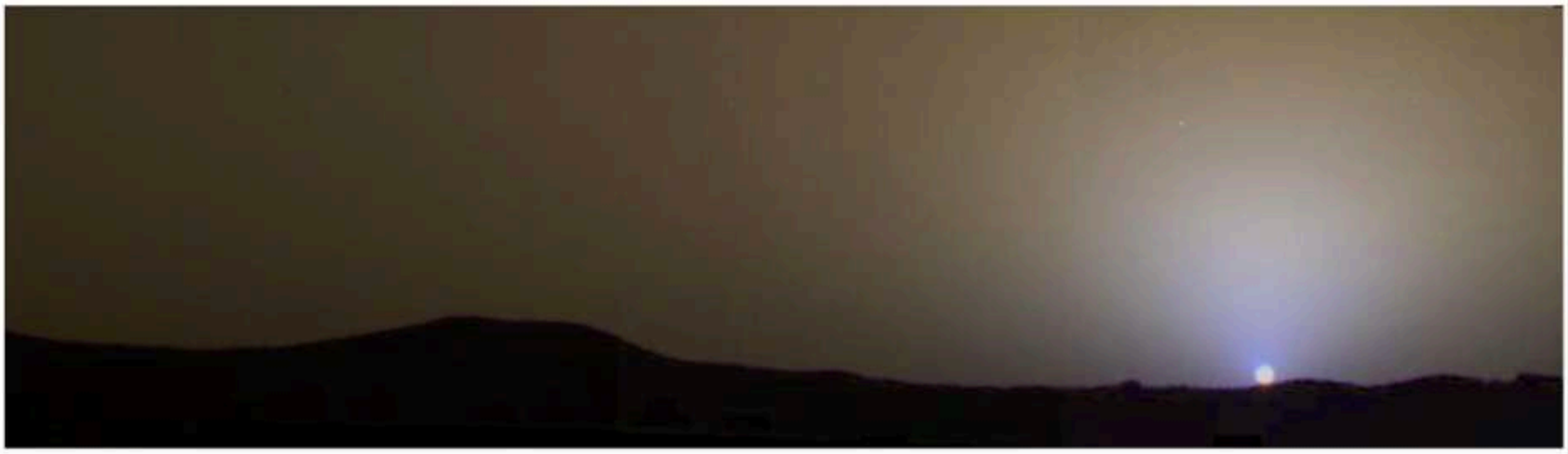
- Rovers / Landers
  - Curiosity
  - Perseverance
  - Hayabusa
  - OSIRES-REx

- Vantagens
  - Aproximação e contato
  - Análises locais

- Desvantagens
  - Tempo de desenvolvimento
  - Janela de lançamento
  - Custo
  - Comunicação
  - Local para o pouso

OBTENÇÃO: LANDERS E ROVERS



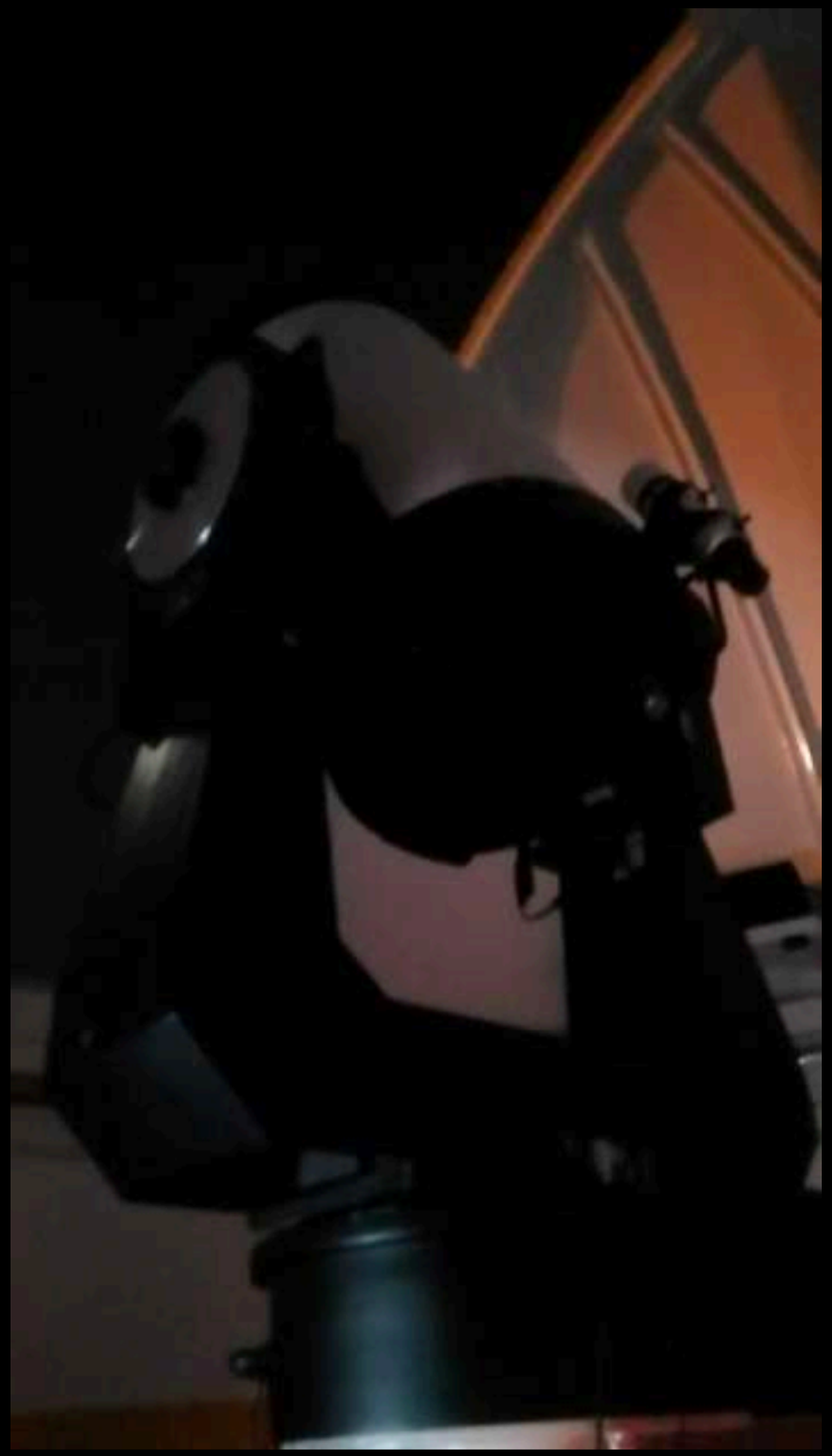


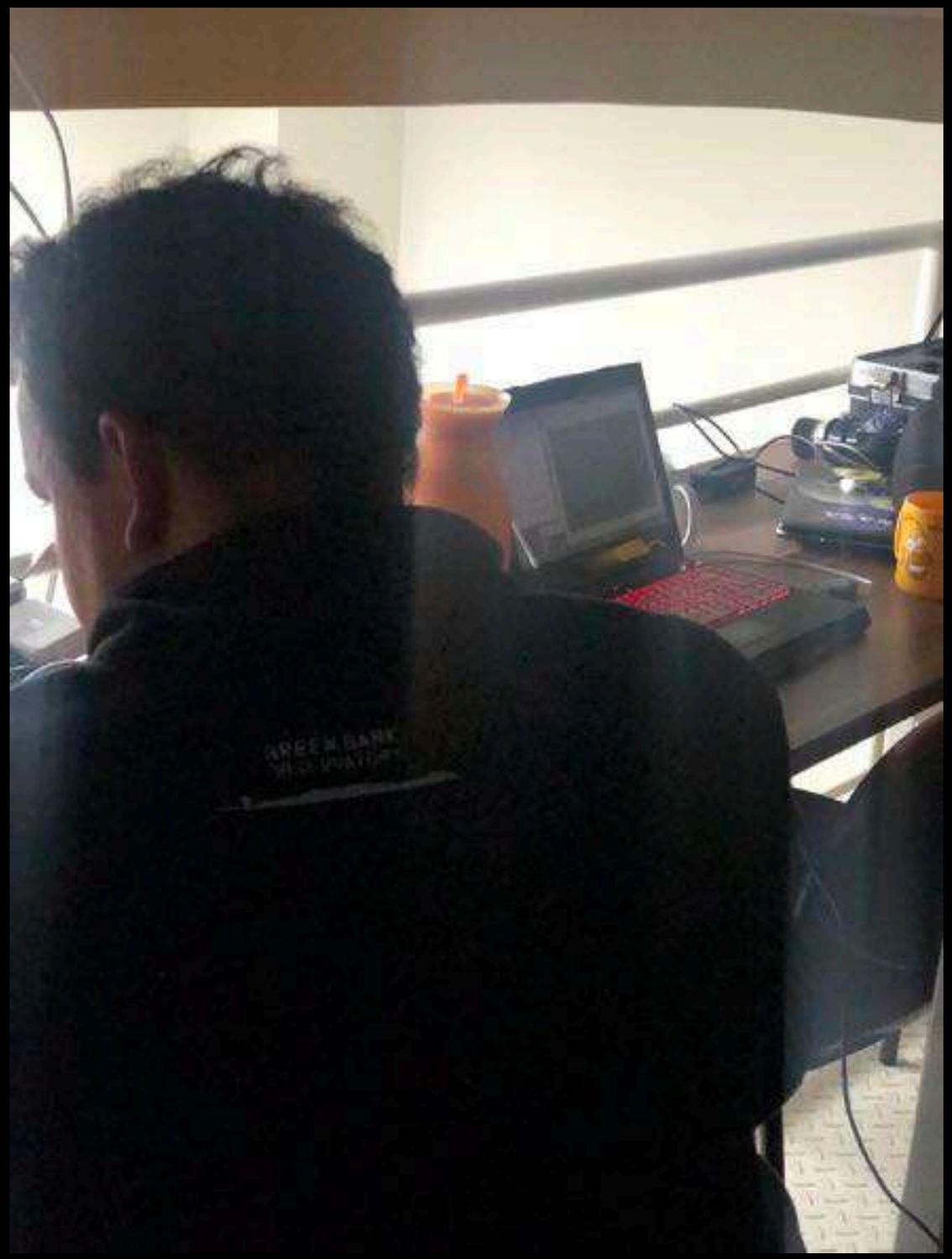
UM POUCO DE COMO É TRABALHAR COM ASTRONOMIA OBSERVACIONAL

OBSERVATÓRIO DA UNESP / FEG

OBSERVATÓRIO DA UNESP / FEG

OBSERVATÓRIO DA UNESP / FEG

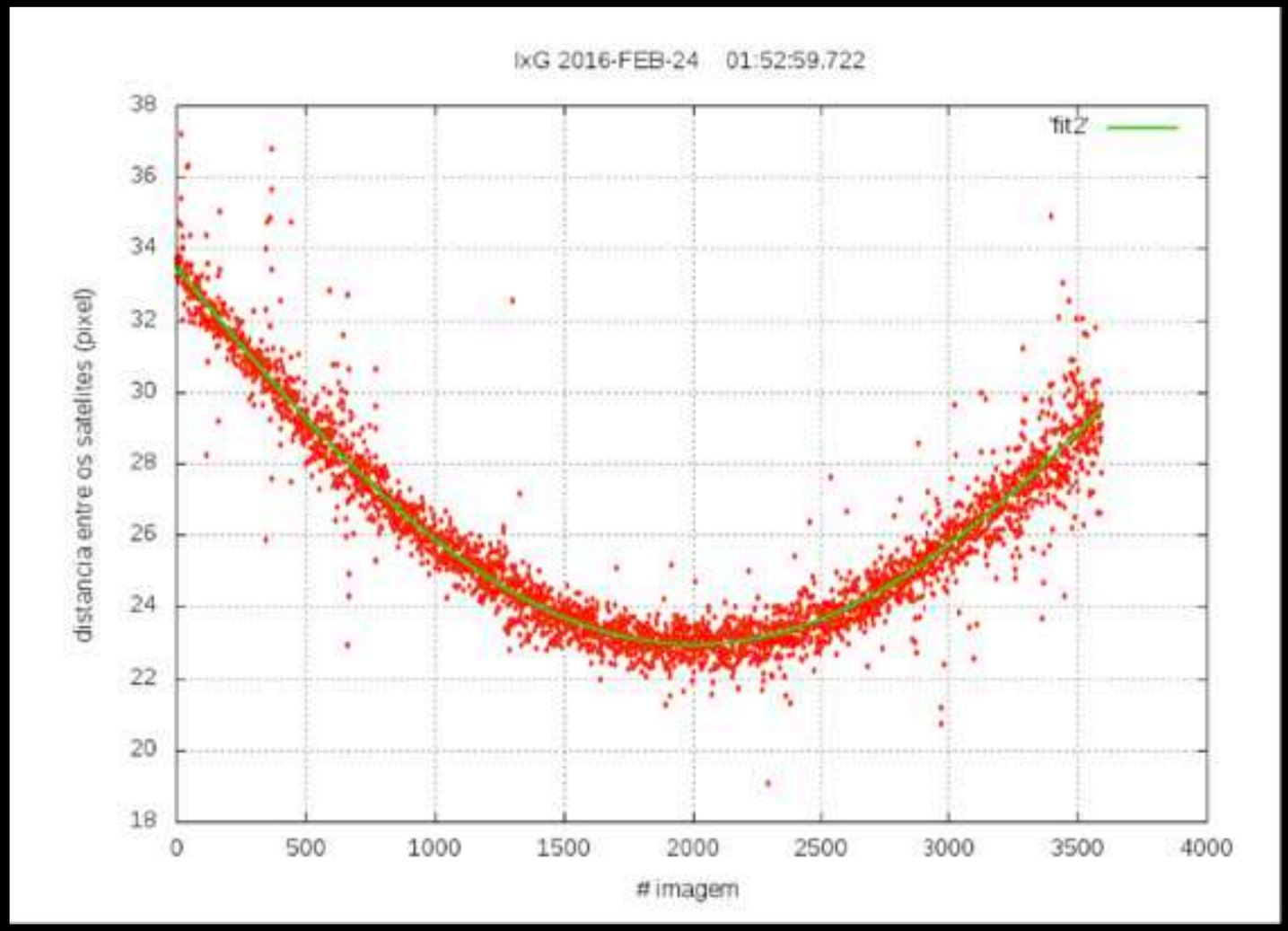




OBSERVATÓRIO DA UNESP / FEG
CAMPANHAS OBSERVACIONAIS

- Aproximação dos satélites galileanos e fenômenos mútuos (ON)
- Ocultações estelares (ON, Lucky Star)
- Curvas de luz de asteroides
- Estrelas variáveis (AAVSO)
- Supernovas (Univ. Tokyo)

OBSERVATÓRIO DA UNESP / FEG

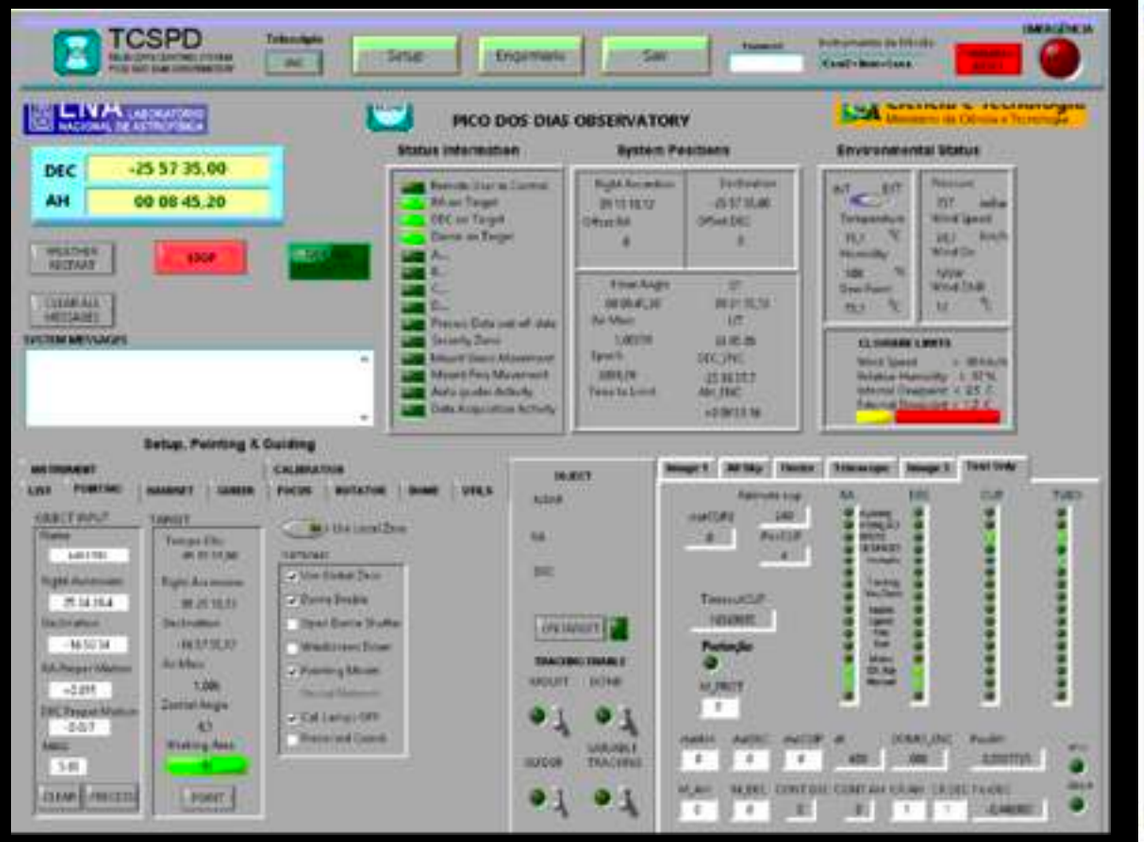


Monthly Notices
Go to page 11
MNRAS **482,** 5190–5200 (2019)
doi:10.1093/mnras/sty3040

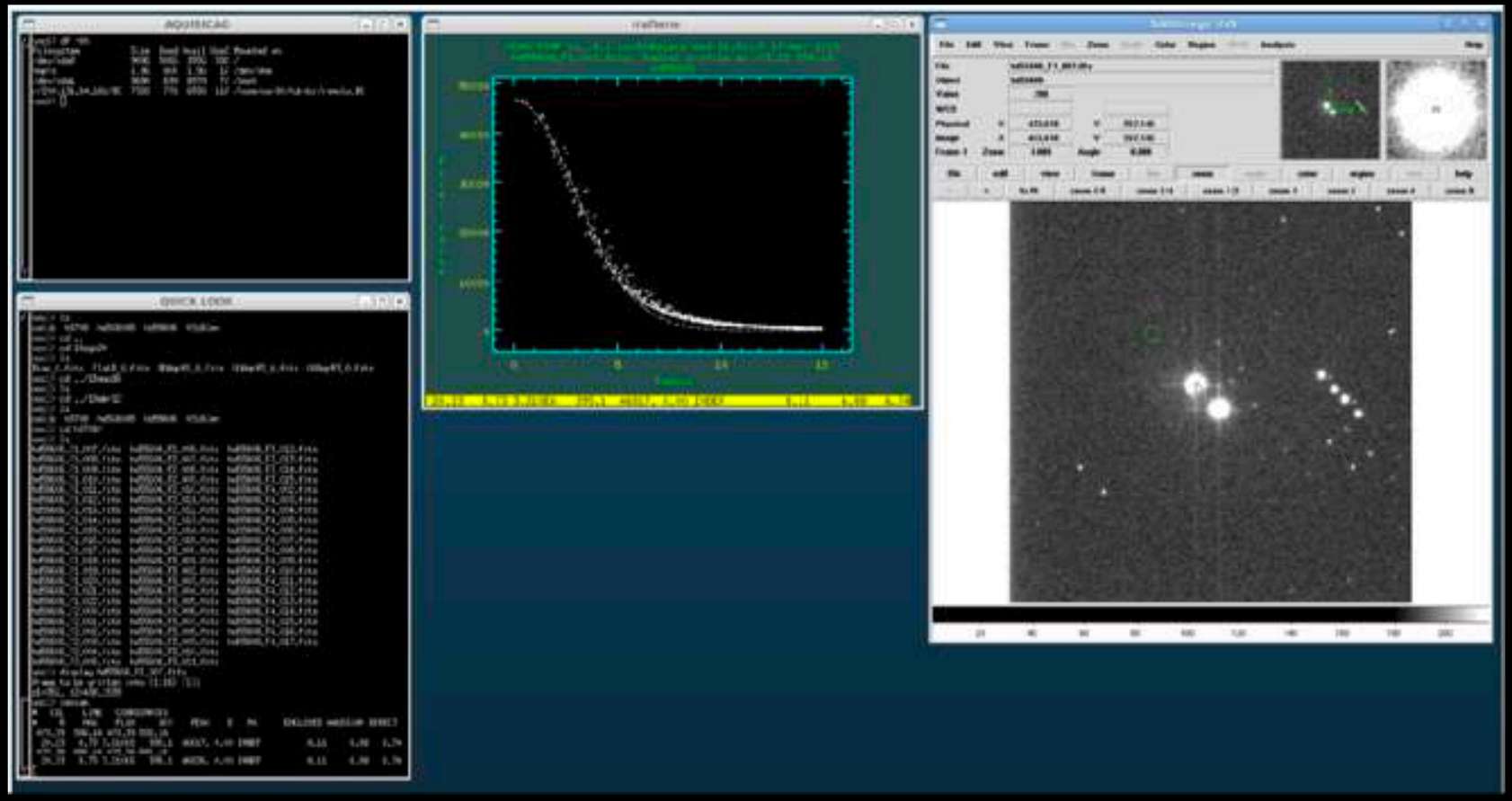
APPROX – mutual approximations between the Galilean moons: the 2016–2018 observational campaign

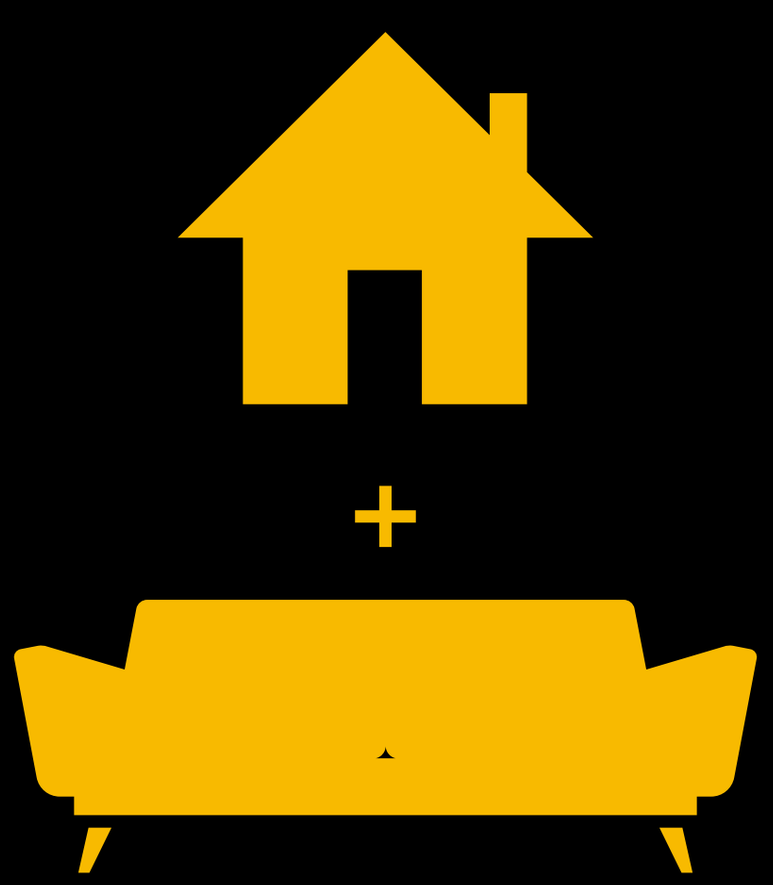
OBSERVATÓRIO DA UNESP / FEG

OPD


TCSPD
PICO DOS DIAS OBSERVATORY
DEC
-25 57 35.00
AH
00 08 45.20
Setup, Pointing & Guiding


AUTOGUIDER 2016
Presentation Module
Version 2017.03.14
VIEW ORIENTATION
SETUP
EMCCD





Not Secure | 200.131.64.207/allsky/centraltudo.html

Ponto de Orvalho: 9.4°C

TEMPERATURA - Externa 1,60m

Atual : 18.1 °C **Máxima**: 24.9°C em 15:32 **Mínima**: 11.7°C em 0:54

Outside Temperature (C)

23/02/21

CAMERA ALLSKY II - ALLSKY 340 - OPD
UTC: 23/February/2021 22:38:41

2021/02/23
19:37:32
11.6889s
Heater Off

TCSPD

Telescópio

Setup | Engenharia | Sair

LNA LABORATÓRIO NACIONAL DE ASTROFÍSICA

TELESCOPE CONTROL SYSTEM
PICO DOS DIAS OBSERVATORY

Ciência e Tecnologia
Ministério da Ciência e Tecnologia

DEC -22 51 41,22
AH 02 48 54,54

Status Information | System Positions | Environmental Status

WEATHER RESTART | STOP | CLEAR ALL MESSAGES

SYSTEM MESSAGES
0 h 32:43 Erro de Controlador RA
0 h 32:44 Erro de Controlador RA
0 h 32:44 Erro de Controlador RA
0 h 32:45 Erro de Controlador RA

Setup, Pointing & Guiding

ATENÇÃO: Nível Crítico de Umidade
Entre em contato com o assistente noturno.

UNBLOCK TELESCOPE | FIXED POSITIONS | PARK | ZENITH | TARPAUL | FLAT FIELD | MOVING | STOP

Acquisition System ON TARGET command
Enable

ON TARGET | TRACKING ENABLE | MOUNT | DOME | GUIDER | VARIABLE TRACKING

Clear | Cloudy | Overcast

22:53 23:33 00:12 00:51 01:30 02:10 02:49 03:28 04:08 04:47 05:26

RMS Intensity Fluctuation: 2447

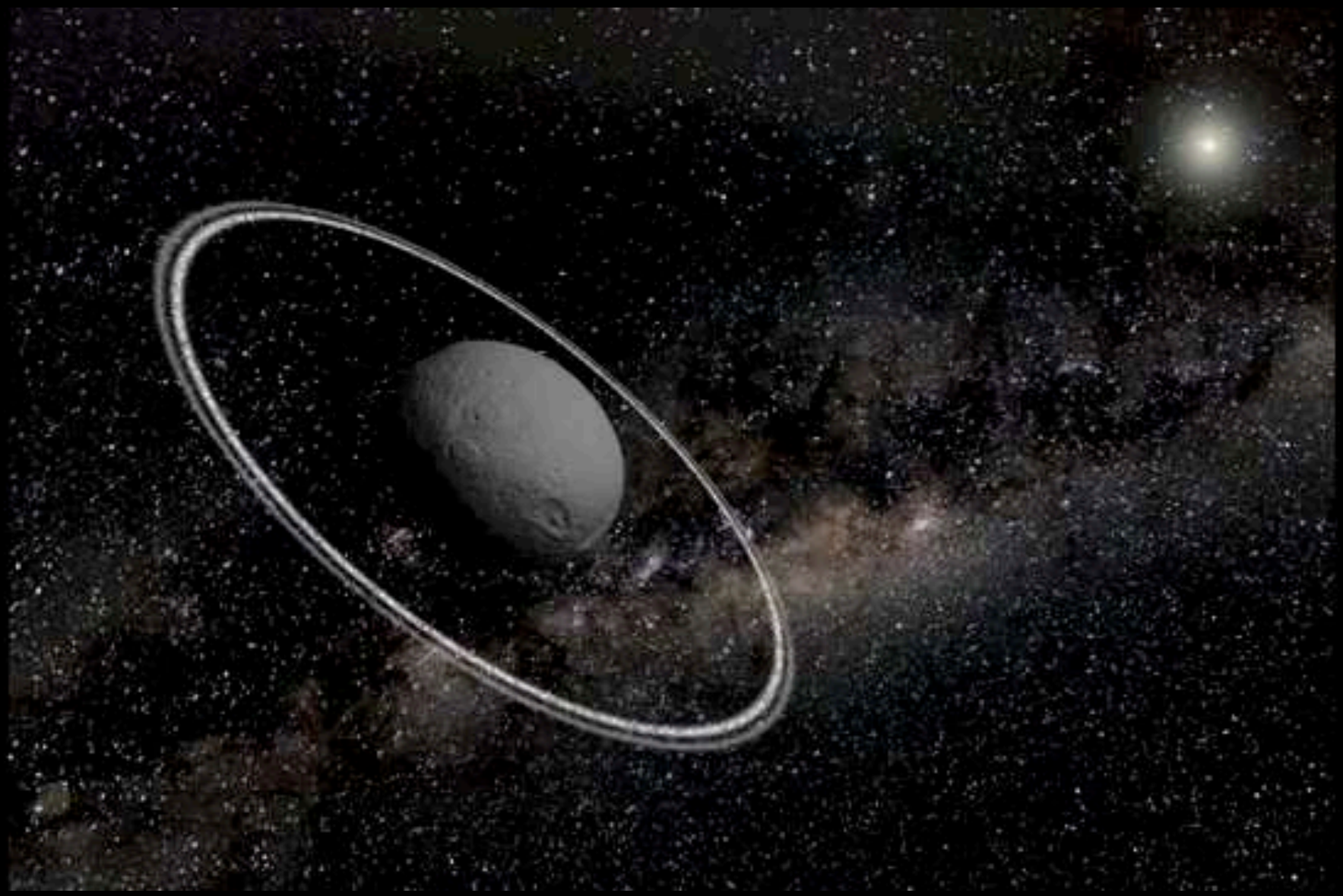
Arquivo de log

UM GRANDE TELESCÓPIO

Date, time (UT)	MJD	PWV (mm)	Instrument
2012-07-04 22:17	56 112.928 47	0.84 ± 0.10	CRIRES
2012-07-05 04:45	56 113.197 22	0.14 ± 0.10	CRIRES
2012-07-05 09:38	56 113.402 01	0.22 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-05 09:45	56 113.406 55	0.20 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-05 09:56	56 113.414 01	0.04 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-05 22:52	56 113.953 09	0.24 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-05 23:09	56 113.963 89	0.27 ± 0.10	CRIRES
2012-07-06 00:41	56 114.029 13	0.63 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 00:43	56 114.030 14	0.66 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 00:45	56 114.031 56	0.61 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 00:47	56 114.032 77	0.72 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 03:29	56 114.145 38	0.73 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 03:31	56 114.147 03	0.81 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 03:34	56 114.148 87	1.01 ± 0.20	X-Shooter
2012-07-06 08:05	56 114.336 81	1.16 ± 0.10	CRIRES

TELESCÓPIO MÓVEL

ANEIS DE CHARIKLO



Ingress

Egress

2013C2R

2013C2R

2013C1R

2013C1R

Normalized flux of star + Chariklo

1

0

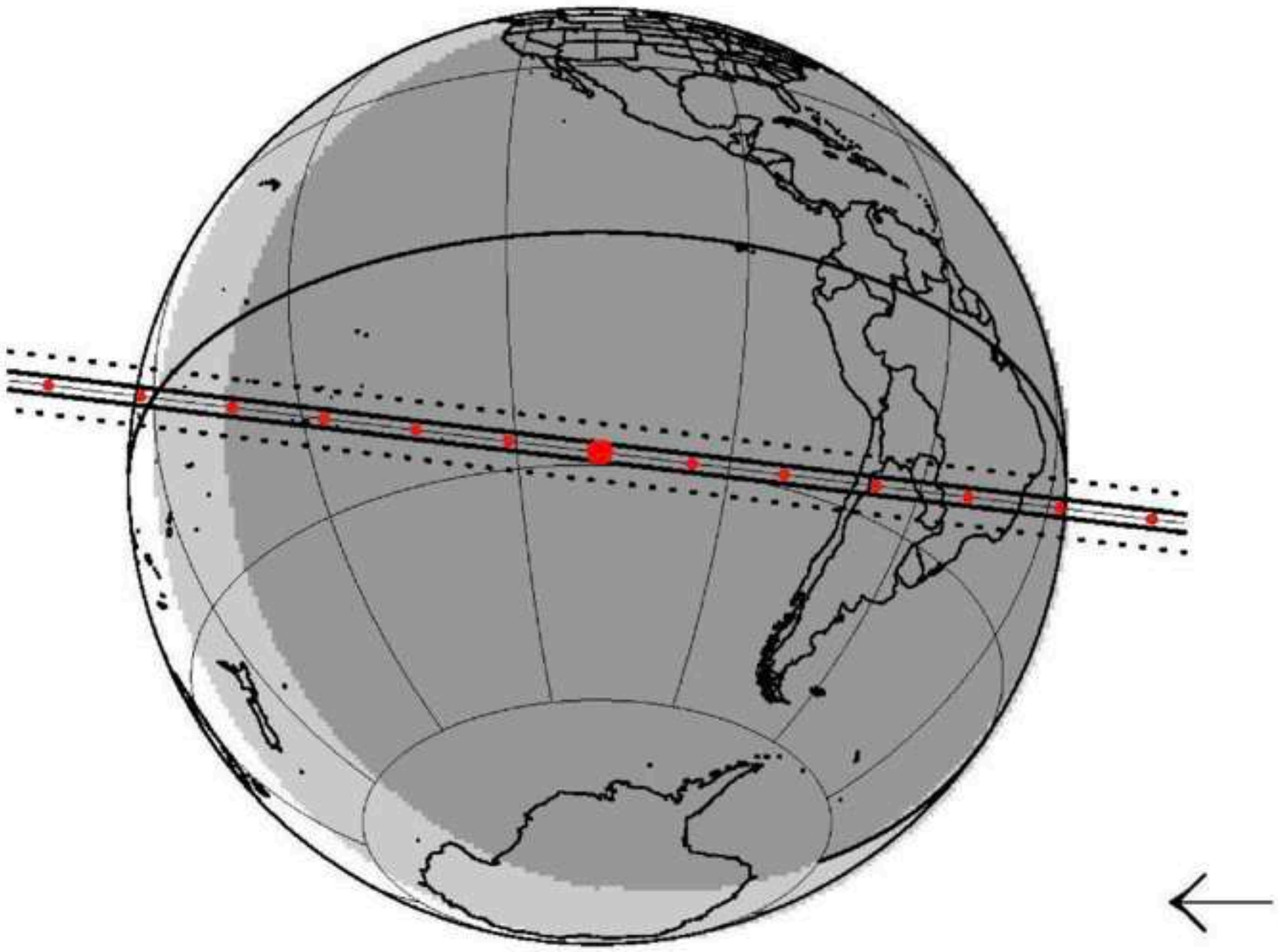
23,120

23,130

23,140

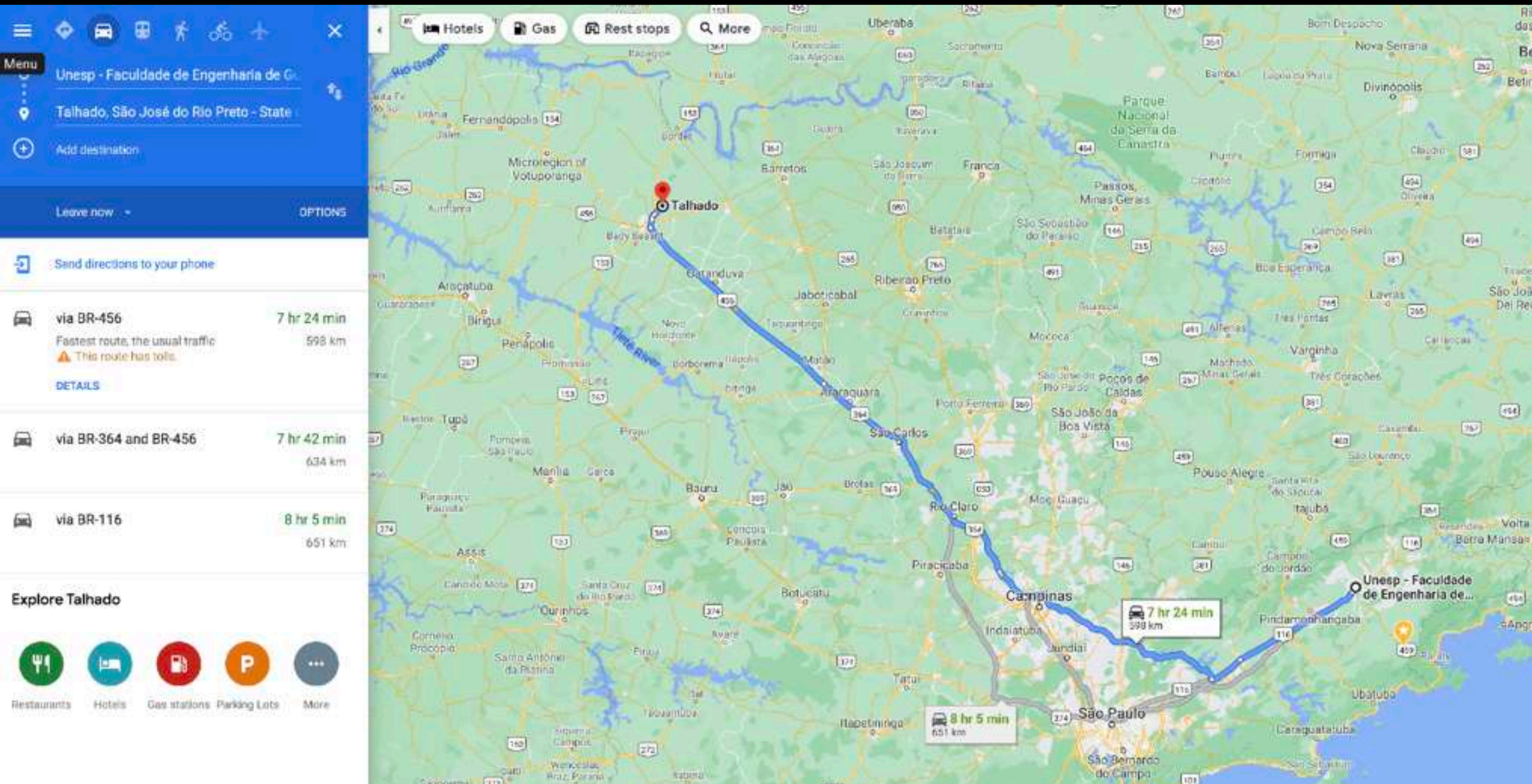
Time (seconds after 3 June 2013, 00:00:00.0 UTC)

Chariklo: GaiaDR2+pmDR2, NIMAv11 ephem. Offset (mas): 0.0 0.0

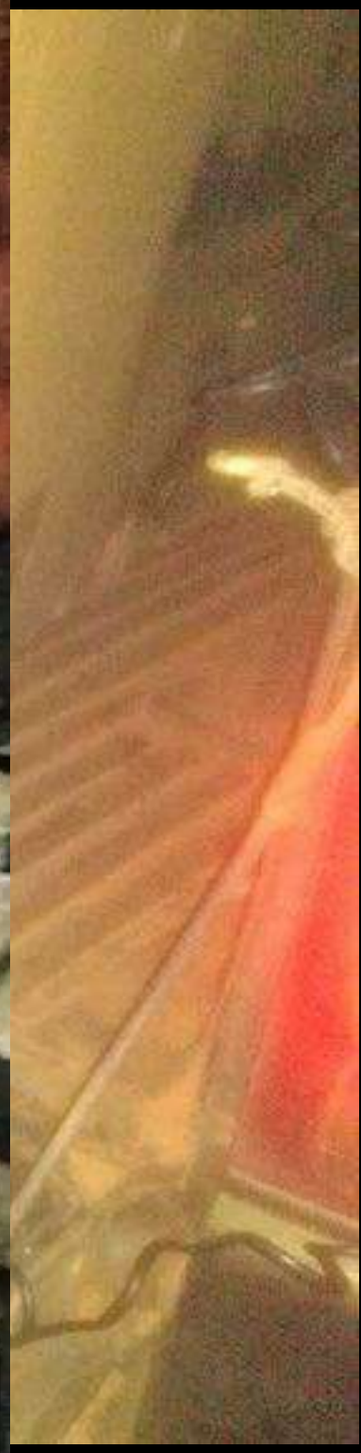


by: LuckyStar

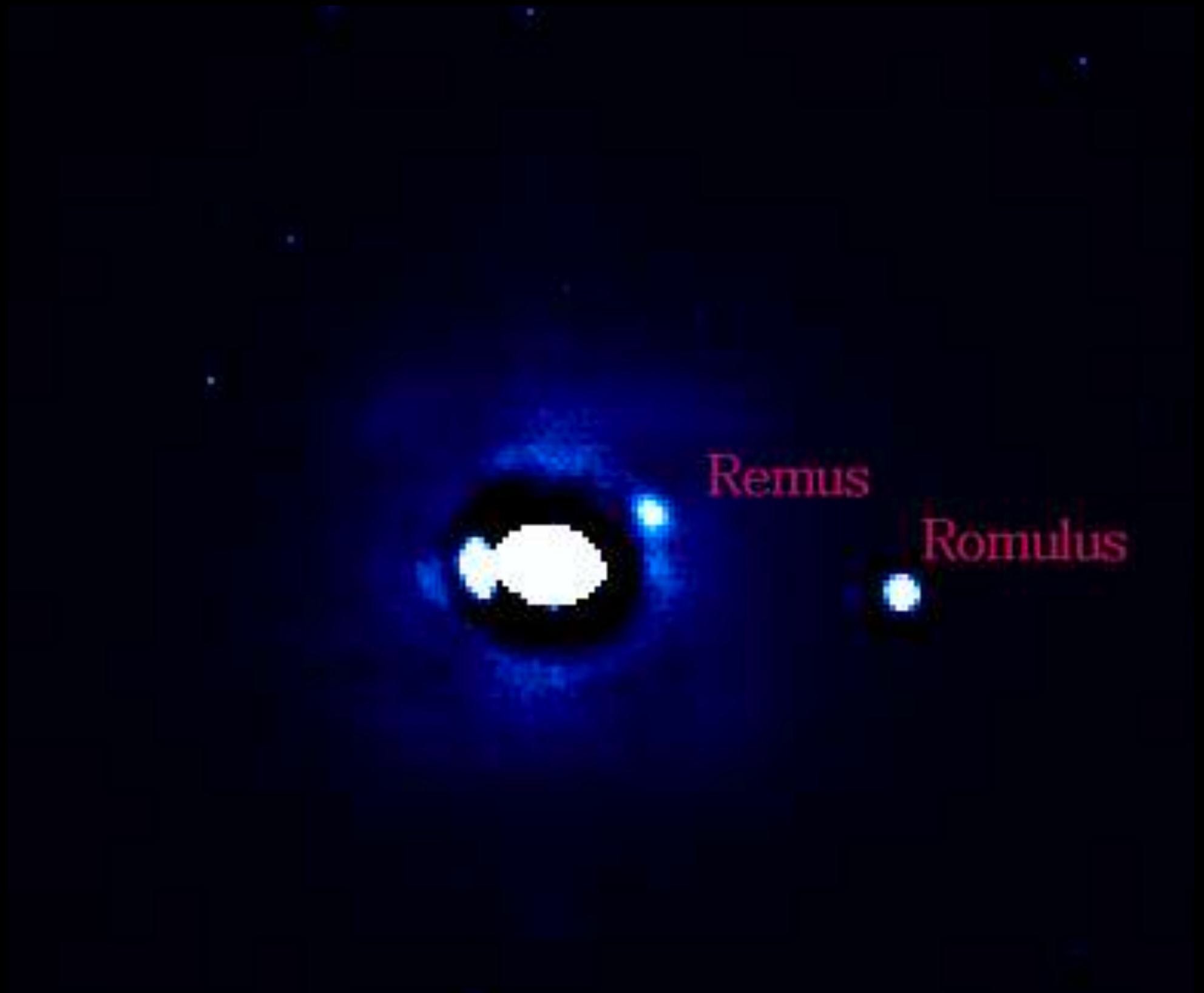
d	m	year	h:m:s UT	ra___dec___J2000_candidate	C/A	P/A	vel	Delta	G*	J*	long
23	07	2017	05 58 52.	18 48 09.2214 −31 26 32.460	0.031	6.94	−21.01	14.72	14.0	12.4	−109.


Menu
Unesp - Faculdade de Engenharia de G...
Talhado, São José do Rio Preto - State
Add destination
Leave now
OPTIONS
Send directions to your phone
via BR-456
7 hr 24 min
598 km
Fastest route, the usual traffic
This route has tolls.
DETAILS
via BR-364 and BR-456
7 hr 42 min
634 km
via BR-116
8 hr 5 min
651 km
Explore Talhado
Restaurants
Hotels
Gas stations
Parking Lots
More
Hotels
Gas
Rest stops
More
Talhado
Unesp - Faculdade de Engenharia de...
7 hr 24 min
598 km
8 hr 5 min
651 km
São Paulo
Campinas
São Carlos
Araraquara
Rio Claro
Ribeirão Preto
Bauru
Uberaba
Catanduva

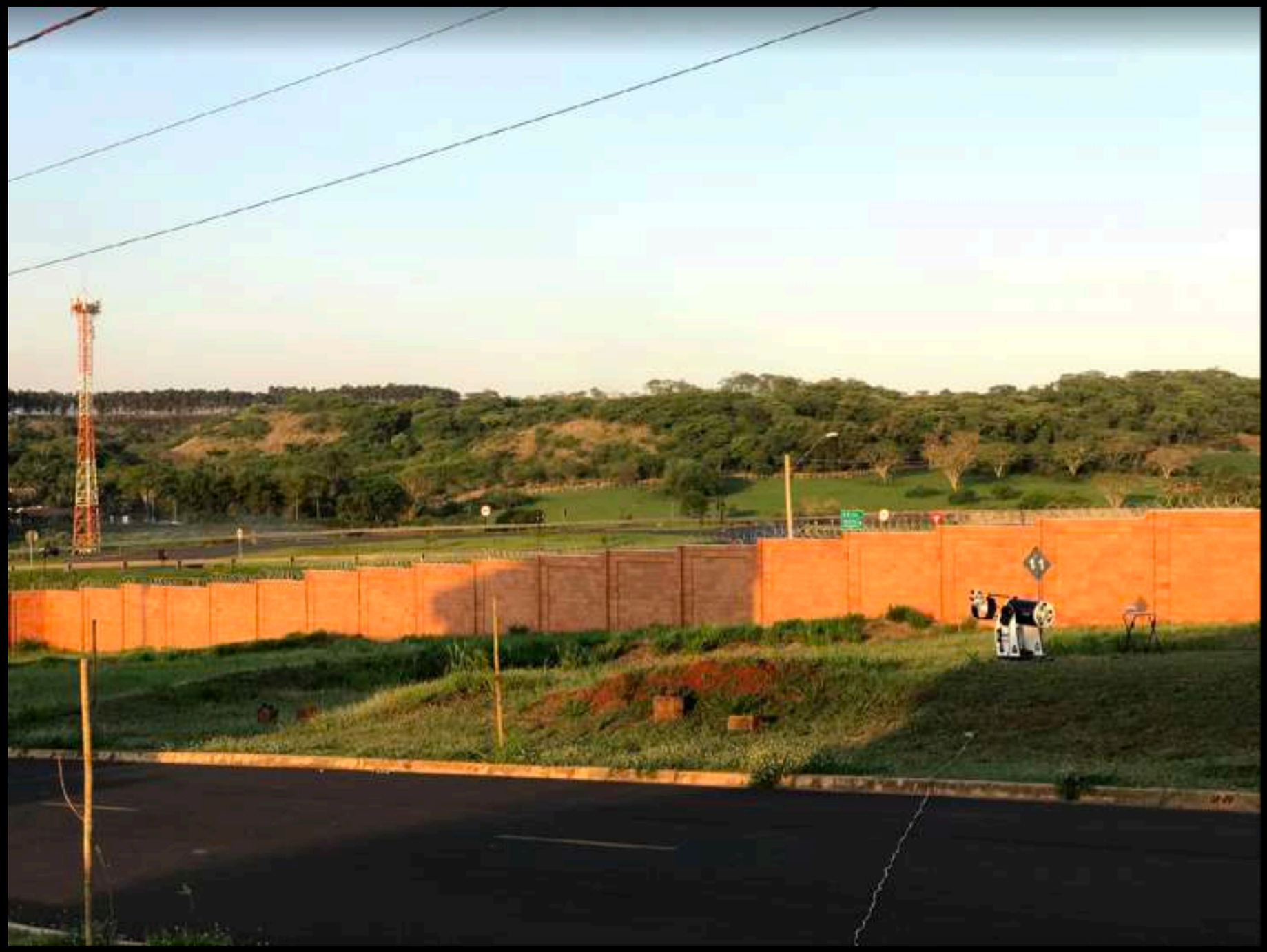

BRAMOM



87 SYLVIA



La Paz
Alto Paraguay
State of Mato Grosso do Sul
State of Minas Gerais
08:07:00.0
08:06:00.0
LNA – Itajubá
Roqueron
Paraguay
08:06:00.0
San Pedro ASH2
State of São Paulo
08:07:00.0
Asuncion
08:05:00.0
State of Parana
VLT
Salta
Itapua
State of Santa Catarina
Tucuman
Chaco
Iberá Wetlands
Santiago del Estero
Silla, 3.6m
La Rioja
08:06:00.0
Mar Chiquita
SOAR
Cerro Tololo
Cordoba
Rivera
Santa Fe
San Juan Bosque Alegre T154
Cerro Burek JPL
Uruguay
Santa Martina
San Luis
Santiago
Argentina
La Pampa
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NG
Buenos Aires 2018 Google
Image Landsat / Coperni
US Dept of State Geograp
Imagery Date: 12/14/2015
Belo Horizonte
08:06:00.0
Sao Jose de Rio Preto
Ribeirão Preto
Bauru
Campinas
São José dos Campos
Sorocaba
US Dept of State Geographer
© 2018 Google
Image Landsat / Copernicus
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Google earth
Imagery Date: 12/14/2015 21°48'57.42" S 48°50'25.00" W elev 846 m eye alt 613.71 km



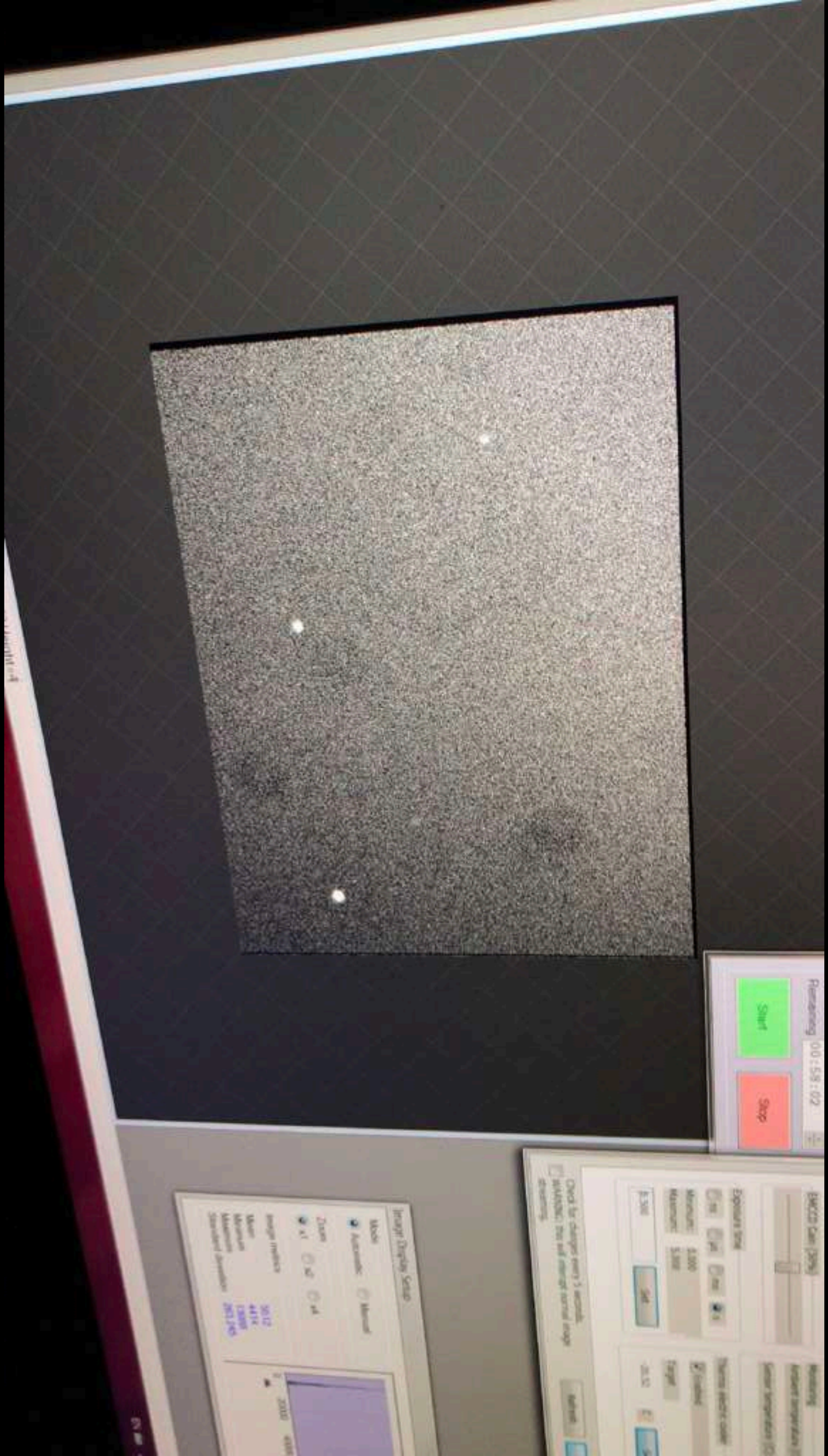
Asteroidal system

- Name : (87) Sylvia
- Mag : 13.43
- Geocentric distance : 3.6641 AU
- Number of Components : 3

- Component : Sylvia
- Diameter : 286.0 km
- Max duration : 15.5 sec

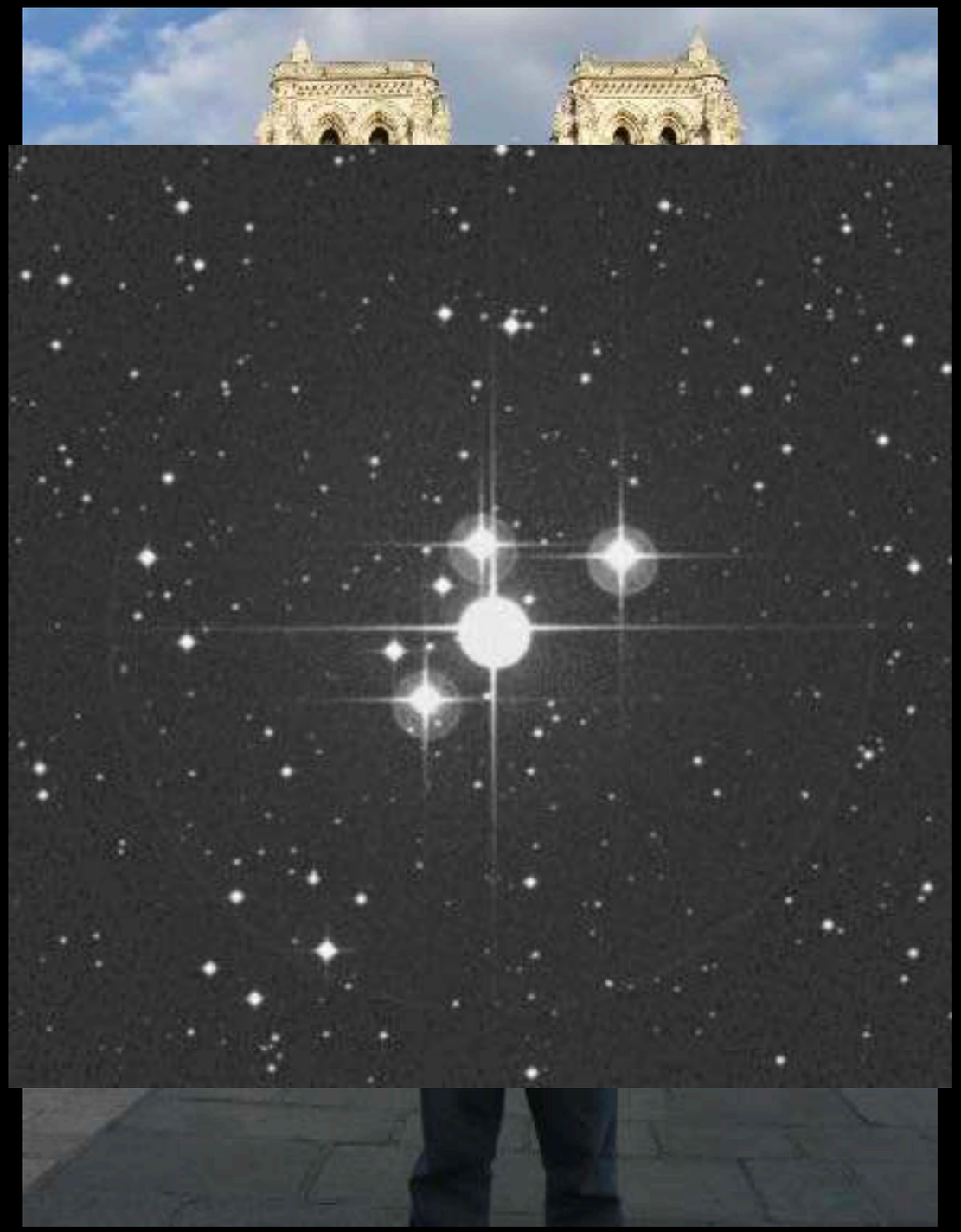
- Component : Romulus
- Diameter : 16.0 km
- Max duration : 0.9 sec

- Component : Remus
- Diameter : 10.0 km
- Max duration : 0.5 sec


Start
Stop

ETAPAS DE UMA ANÁLISE

ETAPAS DO PROCESSO



- Obtenção das imagens
  - O que observar
  - Por que observar?
  - Como observar?

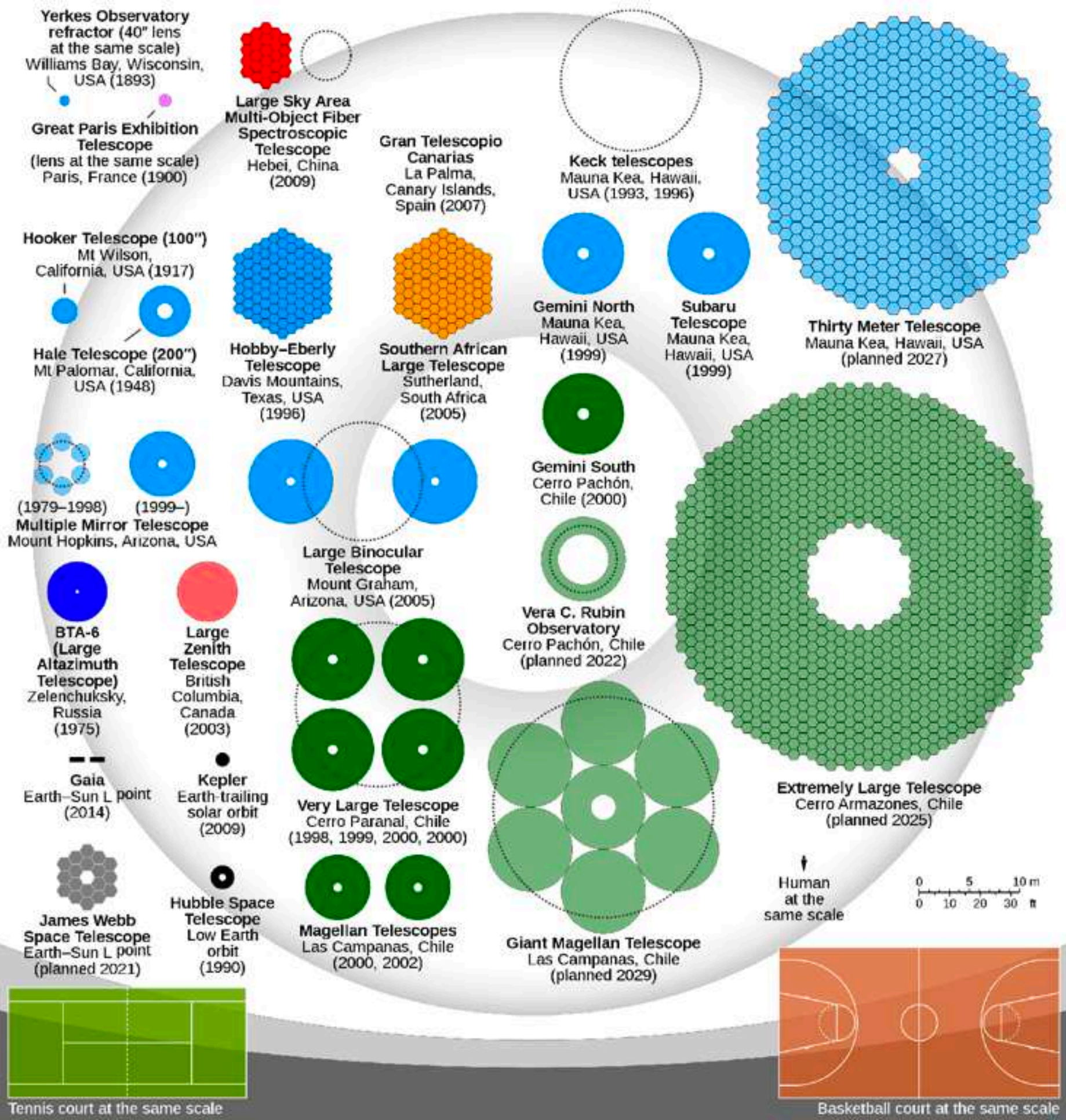
- Navegação (ou localização)
  - O que exatamente você está olhando
  - Nem sempre é fácil (nunca é)

- Calibração (ou redução)
  - Photoshop científico

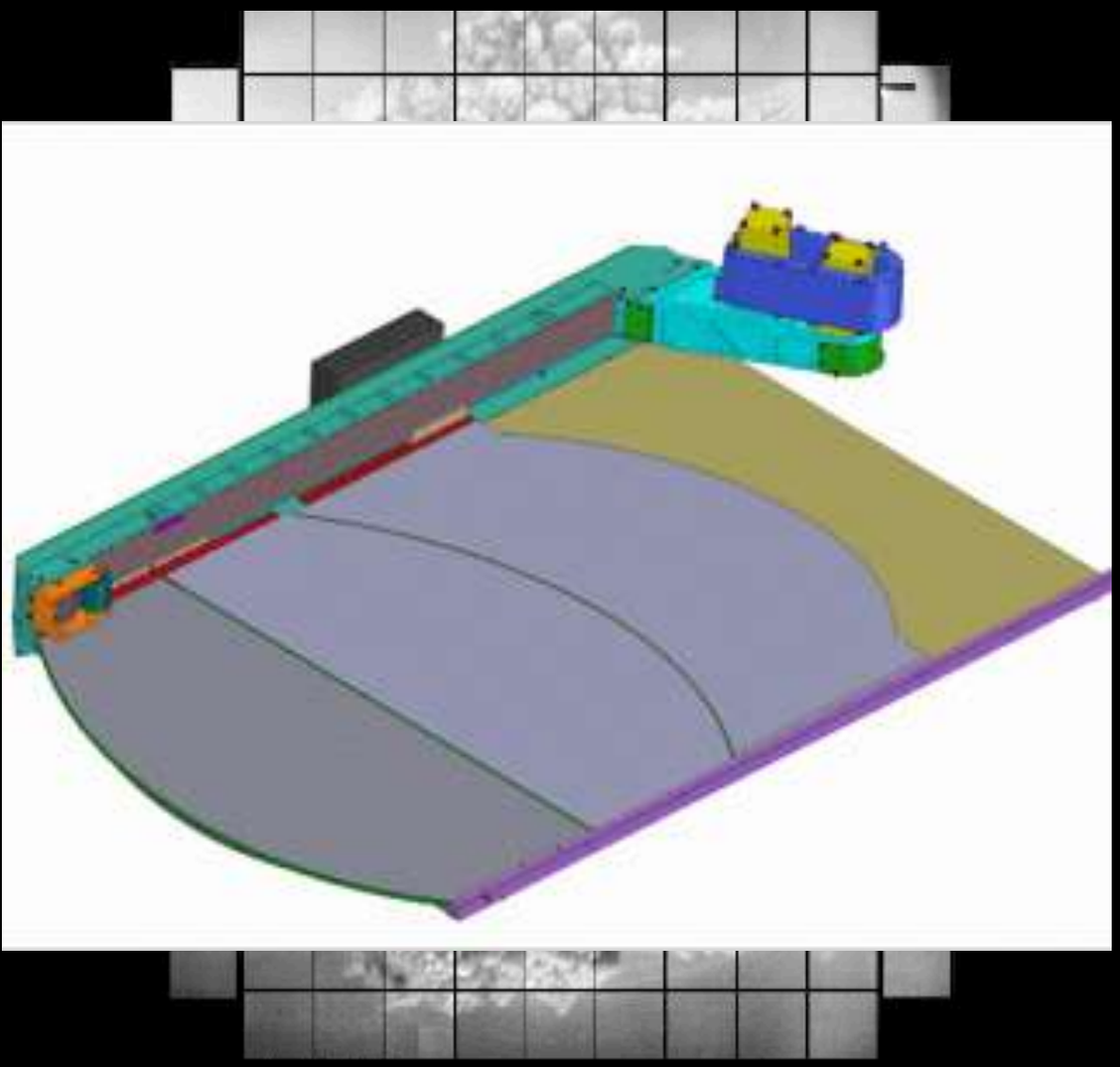
- Análise

COMO VAI SER

LOGO MAIS

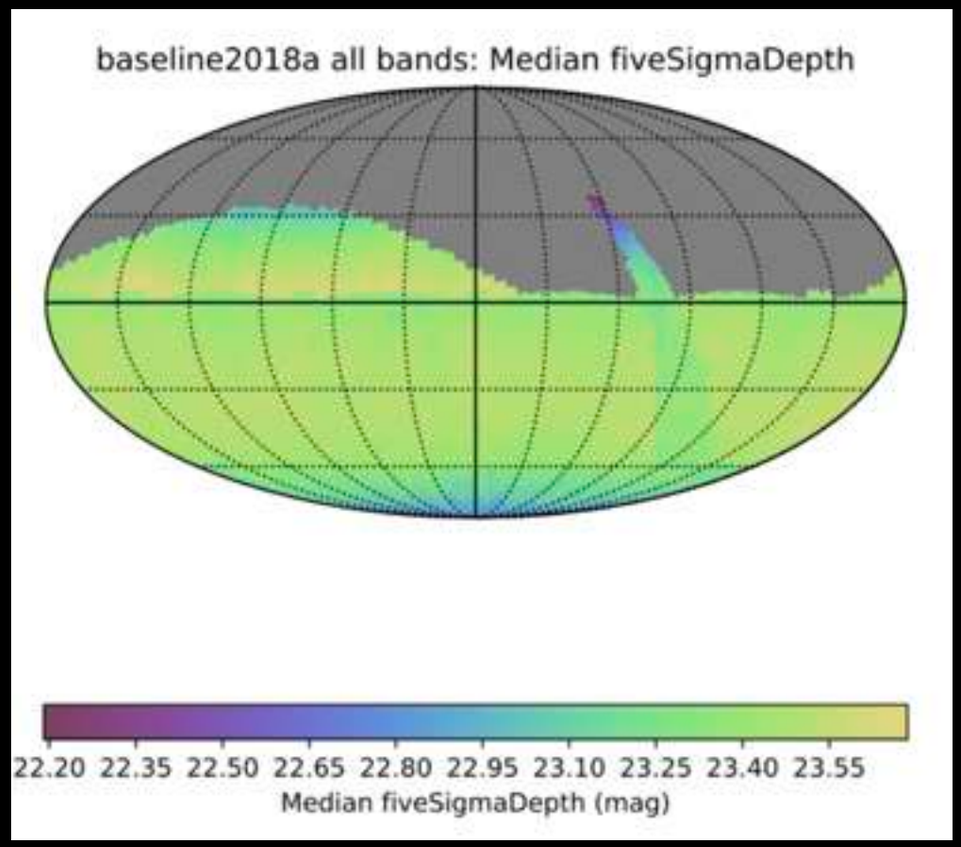

Yerkes Observatory refractor (40" lens at the same scale)
Williams Bay, Wisconsin, USA (1893)
Great Paris Exhibition Telescope
(lens at the same scale)
Paris, France (1900)
Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope
Hebei, China (2009)
Gran Telescopio Canarias
La Palma, Canary Islands, Spain (2007)
Keck telescopes
Mauna Kea, Hawaii, USA (1993, 1996)
Thirty Meter Telescope
Mauna Kea, Hawaii, USA (planned 2027)
Hooker Telescope (100")
Mt Wilson, California, USA (1917)
Hale Telescope (200")
Mt Palomar, California, USA (1948)
Hobby–Eberly Telescope
Davis Mountains, Texas, USA (1996)
Southern African Large Telescope
Sutherland, South Africa (2005)
Gemini North
Mauna Kea, Hawaii, USA (1999)
Subaru Telescope
Mauna Kea, Hawaii, USA (1999)
(1979–1998)
(1999–)
Multiple Mirror Telescope
Mount Hopkins, Arizona, USA
Large Binocular Telescope
Mount Graham, Arizona, USA (2005)
Gemini South
Cerro Pachón, Chile (2000)
Vera C. Rubin Observatory
Cerro Pachón, Chile (planned 2022)
BTA-6 (Large Altazimuth Telescope)
Zelenchuksky, Russia (1975)
Large Zenith Telescope
British Columbia, Canada (2003)
Very Large Telescope
Cerro Paranal, Chile (1998, 1999, 2000, 2000)
Extremely Large Telescope
Cerro Armazones, Chile (planned 2025)
Gaia
Earth–Sun L point (2014)
Kepler
Earth-trailing solar orbit (2009)
James Webb Space Telescope
Earth–Sun L point (planned 2021)
Hubble Space Telescope
Low Earth orbit (1990)
Magellan Telescopes
Las Campanas, Chile (2000, 2002)
Giant Magellan Telescope
Las Campanas, Chile (planned 2029)
Human at the same scale
0 5 10 m
0 10 20 30 ft
Tennis court at the same scale
Basketball court at the same scale

LSST - VERA C. RUBIN OBSERVATORY



- Observatório
  - Cerro Pachón (Chile)
  - 2682 m
  - Início das operações científicas em 2022
- Espelho de 8.4 m
- Câmera de 3.2 GPixel

LSST - VERA C. RUBIN OBSERVATORY



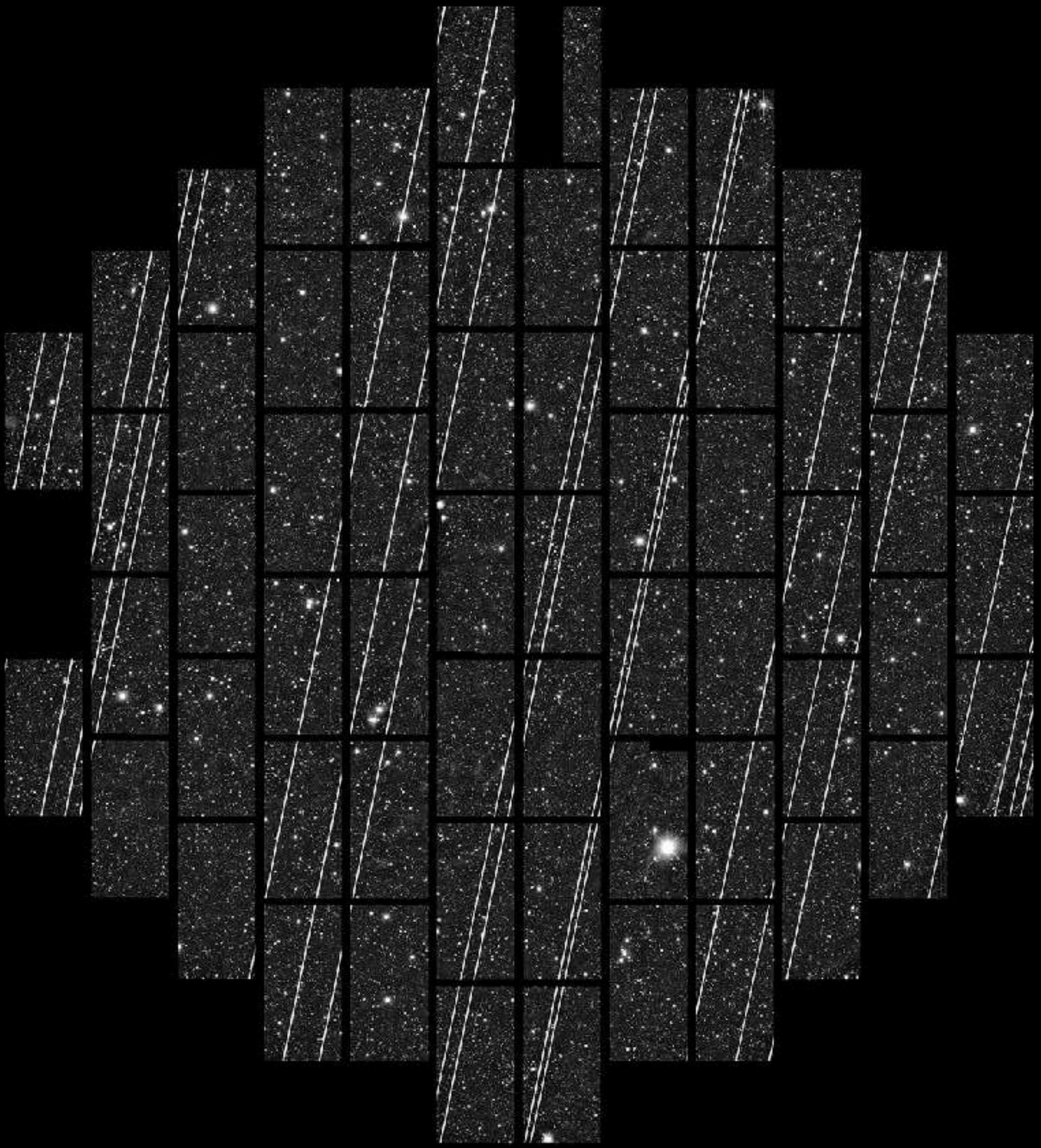
Eggl, Jones, & Jurić (2019)

- Mapeamento do céu
  - 6 filtros
  - 825 visitas em cada região
  - m < 24 .5
  - Pode chegar m<27.8
- Data handling
  - 20 TB por noite
  - Catálogo de 20 PB

TABLE 1: Summary of small body populations observed with LSST.

Population	known as of 10/2019	LSST discoveries[1]
Near-Earth Objects (NEOs)	21,172	49,000-93,000
Main Belt Asteroids (MBAs)	796,354	5,400,000-225,000,000[*]
Jupiter Trojans	7,384	280,000[+]
TransNeptunian and Scattered Disk Objects (TNOs and SDOs)	3,800	40,000[+]

Eggl, Jones, & Jurić (2019)



PROF. DR. RAFAEL SFAIR

rafael.sfair@unesp.br

www.sfair.org